ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

© Г.В.Мустафаев, 2009

К ВОПРОСУ О ПЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ КУРИНСКОЙ ВПАДИНЫ

Г.В.Мустафаев

Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А

На примере Куринской впадины объясняется причина образования глубинных, рифтогенных прогибов, вызванного эклогитизацией базальтов и габбро. В результате эклогитизации плотность новообразований резко превышает таковую окружающих пород, что приводит к погружению их в мантию и образованию прогибов. На этот процесс влияет также боковое давление, вызванное движением Аравийской плиты в СВ направлении, в сторону Куринской впадины. В результате в межпрогибных пространствах превалируют восходящие движения, образующие горсты, купола и др., в которые внедряются относительно легкоплавкие фракции магмы. Расслоение коры ─ результат гравитационного разделения вещества магмы. Однако на количество выделенных слоев и качество петрологической интерпретации влияет не только сложность их выделения, но и определенный субъективный подход исследователей. Высказывается мысль о необходимости унификации как применяемых методических приемов геофизических исследований, так и петрологической интерпретации полученных данных.

Введение. Куринская впадина располагается между мегазонами Большого и Малого Кавказа, является одной из крупных межгорных структур Альпийского складчатого пояса и простирается вместе с Рионской впадиной от Каспийского до Черного морей. Наличие огромных мощностей молассов и отсутствие естественных обнажений, начиная с 70-годов прошлого столетия, послужили причиной расширения бурения глубоких поисково-разведочных скважин и изучения магматических образований Куринской впадины, а позже и Саатлинской сверхглубокой скважины, достигшей глубины 8324 м. Полученный новый материал способствовал проведению подробных исследований магматических пород Куринской впадины. Были опубликованы работы, посвященные петролого-геохимическим особенностям вулканических пород Куринской впадины, а также результатам исследований керна Саатлинской скважины СГ-1 (Саатлинская сверхглубокая, 2000).

Куринская впадина вместе с Вандамским поднятием на севере и Лок-Гарабагской зоной М.Кавказа до юрской складчатости на юге составляла единое целое (Шихалибейли, 1996). В продольном направлении, начиная от Транскавказского поперечного поднятия на западе, в направлении Каспийского моря, на восток, фундамент Куринской впадины обнаруживает ступенчатое опускание. Такое же ступенчатое погружение происходит в направлениях от Большого и Малого Кавказа к центру Куринской впадины.

Куринская впадина расчленяется на три автономные структуры: Верхнекуринскую, Среднекуринскую и Нижнекуринскую. Верхнекуринская впадина охватывает ее СЗ часть, прослеживаясь от Дзирульского массива до Мартобского поднятия на меридиане г. Тбилиси. С севера и юга граничит с Кахетинской и Триалетской горными системами. Среднекуринская впадина размещается юго-восточнее, вплоть до Талыш-Вандамского погребенного поднятия на меридиане г.Кюрдамир. С северо-востока и юго-запада данная впадина ограничивается соответственно южным склоном Большого Кавказа и северо-восточным Малого Кавказа. Нижнекуринская впадина протягивается от Талыш-Вандамско-

го погребенного поднятия, или зоны Западно-Каспийского разлома, до южного Каспия. С северо-востока и юго-запада впадина ограничивается Алятской грядой и Талышскими горами. По геофизическим данным доальпийский фундамент Куринской впадины ступенчато погружается с СЗ на ЮВ по направлению к Каспию с утонением коры от 45-50 до 35-38 км при выклинивании "гранитного" слоя, по Э.Ш. Шихалибейли, вплоть до полного его исчезновения в пределах Южнокаспийской впадины. В пределах Среднекуринской впадины в западной ее части распределение скоростей с глубиной нормальное, а в восточной части, на глубинах 15-20 км, обнаруживается высокоскоростной пласт ($V_{пл}$-7,5 км/с). Ниже этого слоя скорость сейсмических волн резко падает до 6,0-6,6 км/с, а в нижней части коры данного участка залегает слой с $V_{пл}$=6,9-7,0 км/с, являющийся по Г.В.Краснопевцевой (1984) нормальным «базальтовым» слоем Кавказского региона.

Публикаций по результатам геофизических исследований очень много, в одной статье невозможно охарактеризовать многолетние исследования по геофизике, проведенные различными специализированными организациями и ведущими учеными-геофизиками, перечисление только имен которых заняло бы весь объем статьи.

Задача же настоящей статьи заключается в освещении только трех вопросов, касающихся не только Куринской впадины:

1. И.А.Резанов и В.И.Шевченко (1984) отмечают, что «консолидированная часть земной коры под глубокими геосинклинальными прогибами пронизана интрузиями ультраосновных пород». Расчеты показывают, что наличие факта утяжеления коры, связанного с образованием этих интрузий, недостаточно, чтобы объяснить наблюдаемое опускание геосинклинальных прогибов действием изостатического механизма. Предполагается, что образование этих прогибов связано с какими-то другими, более мощными силами «неизостатической природы».

2. Э.Ш.Шихалибейли (1996) ставит вопрос: «Почему в прогибах, где доальпийский фундамент опущен на более чем 10 км, происходит внедрение мантийных магматитов с глубины 100 км до 11-12 км от поверхности с созданием рифтогенного прогиба, а в другом случае – подъем всех слоев земной коры, вплоть до альпийского фундамента?»

3. О расслоенности земной коры и мантии и причине выделения разными авторами разных количеств слоев.

Все три вопроса так или иначе перекликаются, взаимосвязаны, и ответы на них соответственно также взаимосвязаны.

К петрологической интерпретации геофизических данных

По первому пункту. И.А.Резанов и В.И.Шевченко рассмотрели возможные два варианта образования прогибов. Первый – образование геосинклиналей и вообще прогибов под давлением веса накопленных отложений. Этот в свое время широко распространенный вариант подробно рассматривался Шейдеггерем (1987), а еще ранее и другими учеными, в том числе И.А.Резановым и В.И.Шевченко (1984). Все расчеты указывают на то, что дополнительная нагрузка на кору и мантию не может образовать такие глубины и, соответственно, обусловить накопление многокилометровых отложений.

Второй вариант – это внедрение ультраосновных пород (мантийного вещества) в земную кору. Поскольку плотность внедрившегося материала примерно равна плотности материала мантии, то, по И.А.Резанову и В.И.Шевченко, это приводит лишь к утолщению коры. Появление в земной коре мощных метасоматических тел ультраосновного состава не может привести к образованию глубоких прогибов. В случае же протрузий ультраосновных пород никакого прогиба вообще не образуется.

Причин, обуславливающих прогибание отложений с образованием рифтогенных структур, несколько – это может быть растяжение, наиболее часто происходящее и часто предполагаемое специалистами; результат конвекции мантийных струй; внедрение диапиров, нарушающих изостатистическое равновесие и др. Но одним из обстоятельств, доказанных как экспериментально в лабораторных условиях, так и наблюдаемых на обнажениях на дневной поверхности, является процесс эклогитизации, который развит, ве-

роятно, более широко, чем представляется. Авторы правильно проанализировали ситуацию и были близки к ее решению, но почему-то не использовали результаты исследований крупнейших экспериментаторов Д.Х.Грина и А.Э.Рингвуда (1968), посвященных изучению перехода габбро и базальта в эклогит и применению этих данных в петрологии и геофизике.

Согласно определению Д.Х.Грина и А.Э.Рингвуда (1968), эклогит – порода, состоящая из ассоциации минералов гранат + моноклинный пироксен (при этом отмечается омфацитовый характер моноклинного пироксена) и не содержащая плагиоклаз. По химическому составу эклогиты аналогичны базальту. Типоморфным минералом эклогитов является гранат. Минеральный состав эклогита, как породы, может быть выражен таким образом: гранат+пироксен+кварц. Средняя плотность эклогита – 3,5 г/см^3, но достигает и значений 3,66 г/см^3, она больше плотности ультраосновных пород мантии (преобладающе перидотитов), средняя плотность которых составляет 3,3 г/см^3. Скорость распространения сейсмических волн в эклогите превышает 8 км/сек. Как отмечают Д.Х.Грин и А.Э.Рингвуд, переход габбро, по химическому составу отвечающего базальту, и базальта в эклогит имеет важное значение при процессе орогенеза, формировании островных дуг, океанических хребтов. Согласно авторам, переход базальта в эклогит может быть причиной огромных тектонических напряжений, способных вызвать орогенез. На первой стадии орогенического цикла и роста континентов возникают крупные массы базальта. В таких регионах геотермы находятся на высоких уровнях. По окончании вулканической активности геотермы опускаются в более глубокие части базальтовых масс, где при соответствующих давлениях и температуре способствуют превращению их в эклогит. Поскольку плотность эклогита больше плотности ультраосновных пород, он погружается в мантию. На раннем этапе это погружение происходит медленно и образуется геосинклиналь. На поздней стадии погружение приводит к деформации земной коры и складкообразованию. В конечном итоге погружающиеся тела эклогитов достигают такой глубины в мантии, где высокая температура обуславливает частичное плавление эклогита, что может привести к образованию андезитовой и гранодиоритовой магмы, которая будет подниматься в высокие слои земной коры (Грин, Рингвуд,1968). Кстати, надо отметить, что в магматизме альпийского этапа развития Куринской впадины и особенно примыкающей к ней северо-восточной части Малого Кавказа андезиты и кварцевые диориты получили широкое развитие. В последующем Б.Г.Лутц и др.(1971) выделили коровые и мантийные эклогиты и ряд переходных пород, характеризующихся различными скоростными, температурными и другими параметрами.

Анализируя все возможные варианты образования земной коры, Д.Х.Грин и А.Э.Рингвуд пришли к выводу, что нижняя часть коры состоит из пород промежуточного состава, относящихся к эклогитовой фации и могущих содержать, вероятно, наряду с гранатом и жадеитовым пироксеном также кварц и щелочной полевой шпат, которые являются устойчивой минеральной ассоциацией. Однако нижняя часть коры не является «сухой» системой, поскольку присутствуют пары воды. При избытке флюидов и большей проницаемости базальтов должны были бы образоваться фации глаукофановых и зеленых сланцев, которые при температуре в 400 градусов превратились бы в амфиболиты. Если температура низов коры достигала 600-1000 градусов, то амфиболиты могли перейти в пироксеновые гранулиты, затем в эклогиты. В метаморфических процессах формирования эклогитов отмечается (Симонов и др., 2008) высокая роль водно-солевых флюидов с содержанием преимущественно хлорида натрия до 6-12 %.

Одним из примеров такого процесса может служить эклогитизация палеопротерозойских базитовых даек в восточной части Беломорского подвижного пояса, исследованных В.М.Козловским и Л.Я.Арановичем (2008). В Красногубском дайковом поле, где установлены интрузии габбро-норитов, внедрившихся в обстановке растяжения, и дайки железистых («гранатовых») габбро – в обстановке сжатия, согласно названным авторам железистые габбро эклогитизированы полностью, а габбро-нориты – вдоль сдвиго-

вых деформаций. Авторы отмечают, что сдвиговые деформации способствуют ускорению хода химических реакций, в результате чего в зоне сдвига существенно возрастает интенсивность метаморфических процессов. По мере удаления от зоны сдвига интенсивность метаморфизма падает. Авторами установлен также важный для решения нашей задачи факт о том, что эклогитизация базитов (габбро-норитов), образованных на рифтогенном этапе, происходила лишь вдоль линейных сдвиговых зон, сформированных в период сжатия.

Экстраполируя результаты указанного процесса в древнейших образованиях коры на ультрабазиты Куринской впадины, можно лучше понять механизм формирования эклогитов или эклогитизации ультрабазитов и более достоверно осветить геофизические данные в регионе.

Весьма интересной в связи с решением поставленной задачи является повторная интерпретация сейсмического профиля ГСЗ №13 Сухуми-Масаллы вдоль Предмалокавказского прогиба (рис.1), проведенная Е.П.Барановой, Г.В.Краснопевцевой и Н.И.Павленковой (1980). Авторами под наиболее глубоким в Куринской впадине Евлах-Агджабединским прогибом установлено высокоскоростное тело мощностью 16 км.

Оно интересно тем, что значение скорости сейсмических волн у кровли этого тела составляет 7,6 км/с, а в подошве – 8,0 км/с. Под этим высокоскоростным телом скорость сейсмических волн понижается до 7,0 км/с, вновь возрастая до 8,1 км/с на границе Мохоровичича. Авторы считают, что это тело сложено ультраосновными породами. Анализировавшие эти данные И.А.Резанов и В.И.Шевченко (1984) согласны с интерпретацией авторов. Аналогичные высокоскоростные тела, но меньшего масштаба установлены и в западном продолжении Куринской впадины, и восточном, а также на глубине 20 км и глубже. Согласно авторам, эти высокоскоростные тела – самостоятельные образования, представленные ультрабазитами, они не образуют сплошного слоя и присущи только прогибам; в поднятиях высокоскоростные тела отсутствуют. Более того, они не связаны непосредственно с образованием Куринской впадины, поскольку Куринская впадина – наложенная структура, образованная на орогенной стадии развития.

Серия частных глубинных прогибов, по образному выражению И.А.Резанова и В.И.Шевченко, «нанизана», на первоначальный глубинный разлом (рис.2).

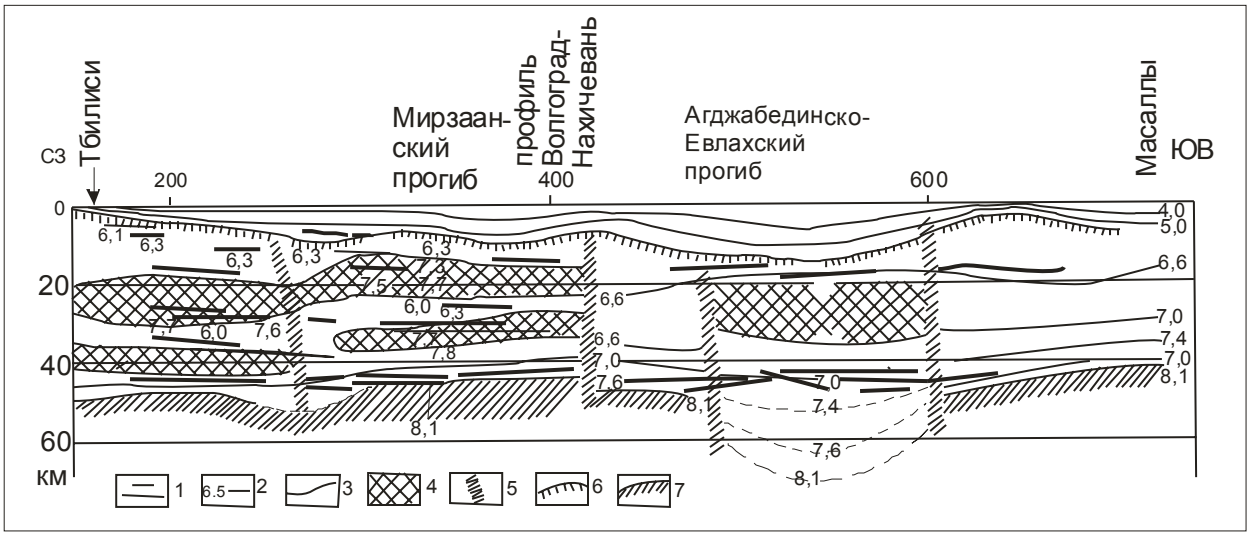


Рис. 1. Сейсмический разрез вдоль Куринской впадины по профилю Сухуми-Масаллы (по Барановой, Краснопевцевой, Павленковой, 1980).
1 – отражающие площадки; 2 – преломляющие границы с граничной скоростью, км/с; 3 – изолинии скорости, км/с. 4 – зоны повышенных скоростей; 5 – нарушения по сейсмическим данным; 6 – поверхность фундамента; 7 – границы Мохоровичича

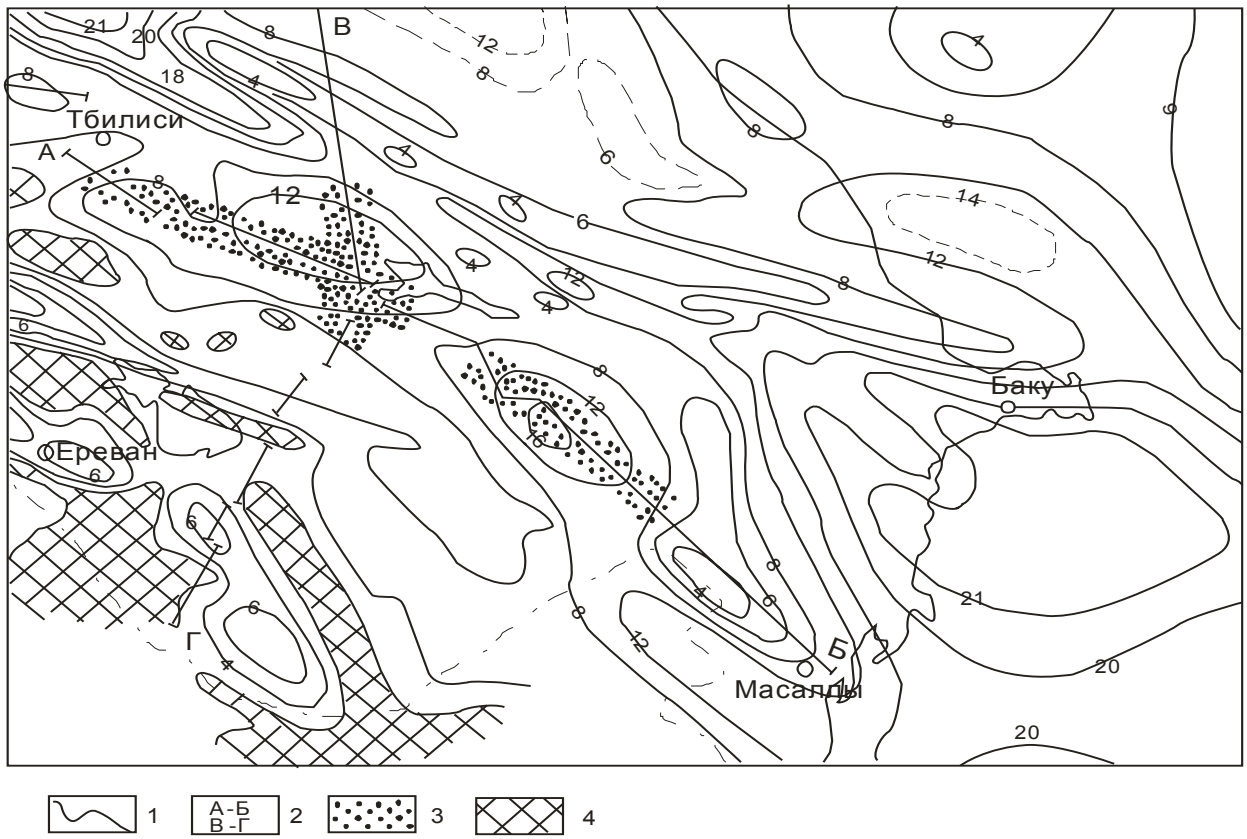


Рис. 2. Структурная схема Куринской впадины Закавказья по подошве альпийского складчатого комплекса (По Резанову,Шевченко,1984).
1 – изолинии глубин, км; 2 – сейсмические профили Сухуми-Масаллы (А-Б) и Волгоград-Нахичевань (В-Г); 3 – участки сейсмических профилей, на которых в земной коре обнаружены высокоскоростные тела; 4 – выходы доальпийского основания на дневную поверхность

Здесь уместно напомнить, что в Беломорском подвижном поясе в палеопротерозойских базитовых породах эклогитизация также происходила по разлому, вдоль сдвиговых деформаций. И.А.Резанов и В.И.Шевченко предполагают, что высокоскоростные тела представлены, вероятнее всего, ультрабазитами. Однако при равной плотности внедрившегося в кору вещества мантии и окружающих пород впадина образоваться не может, внедрение приведет лишь к утолщению коры. В профиле, приведенном Е.И.Барановой и др. (1980), скорость в подошве тела под Агджакенд-Евлахским прогибом, достигающая 8,0 км/с, может быть результатом эклогитизации, которая по мере продвижения вверх по вертикали постепенно ослабевает, а скорость волн, соответственно уменьшаясь, резко падает до 6,6 км/с при переходе в неизмененные разности пород. Судя по приведенному профилю, ниже подошвы высокоскоростного тела скорость сейсмических волн также падает, постепенно повышаясь с приближением к границе Мохо, и достигает мантийного уровня. Ввиду высокой плотности эклогитов, этот блок будет постепенно опускаться, образуя глубокий прогиб, в котором накапливаются многокилометровые вулканогенно-осадочные образования.

По второму пункту. «Почему в прогибах, где доальпийский фундамент опущен, происходит внедрение мантийных магматитов с глубин к поверхности с созданием рифтогенного прогиба, а в другом случае – подъем всех слоев земной коры вплоть до альпийского фундамента?» (Шихалибейли, 1996). Справедливо полагая, что это результат двух различных процессов как по времени, так и по происхождению, автор отмечает, что Карадонлу-Билясуварский горст с мантийным маг-

матизмом с избыточной плотностью 0,2 (вероятно, перидотиты) располагается в пределах Талыш-Саатлы-Кюрдамирского гравитационного максимума. Другими словами, констатируется наличие гравитационного максимума, обусловленное внедрением мантийных магматитов, но не дается ответа на поставленный самим Э.Ш.Шихалибейли вопрос: почему внедряются мантийные магматиты до 11-12 км от поверхности и при этом не образуются рифтогенные прогибы?

Интерпретируя гравитационные исследования Н.Г.Аскерхановой, Ф.А.Кадырова и их сотрудников по моделированию вдоль профиля ГСЗ № 3, Э.Ш.Шихалибейли (1990, 1996) отмечает, что указанными авторами выявлено поднятие кристаллического фундамента до глубины 4 км от поверхности на расстоянии 160 км от Билясувара до Карадонлу. Поверхность «базальтового» слоя на этом участке находится на глубине 12 км, а западнее Билясувара – на глубине 22 км. Этот факт Э.Ш.Шихалибейли объясняет наличием Предталышского разлома, опустившего севернее расположенный Саатлинский блок. Как видно из данного им объяснения, речь идет о тектоническом смещении части блока, но не об образовании прогиба. Это чисто дизъюнктивный процесс, и на вопрос, почему образуются рифтогенные прогибы и в них фиксируются ультрабазиты, а в поднятиях – менее кислые магматические породы, не отвечает.

Рассматривая данный вопрос, И.А. Резанов и В.И. Шевченко отмечают, что внедрение ультрамафитов или их подъем исследователи объясняют раздвигом, растяжением, аналогичными процессу, происходящему в срединно-океанических хребтах. Это объяснение указанные авторы не принимают. Действительно, для таких раздвигов в глубинных условиях, да и в малых объемах тел, в пределах отдельных разобщенных разломами блоках нет необходимых условий и пространства. А внедрившиеся в земную кору мантийные породы – перидотиты не могут образовывать рифтогенные прогибы ввиду сходных плотностей отложений и внедрившихся магматитов.

По данному вопросу можно предложить следующую модель. Мантийное вещество в виде перидотитов и других ультрабазитов, внедряясь по разломам или раздробленным в результате сдвиговых процессов участкам в кору (преобладающе в нижнюю часть), в зависимости от интенсивности этих процессов может подвергаться метаморфизму и эклогитизации с полным превращением в эклогиты. Естественно, эти процессы будут наиболее активны на тех участках разломных зон, которые наиболее благоприятны в тектоническом отношении. Это обуславливает дискретность распределения этих измененных участков, разорванность их по простиранию. В дальнейшем в результате резких превышений плотности новообразований эти участки будут погружаться глубоко в мантию. Этот процесс в данном конкретном случае сопровождается также боковым давлением. Известно, что Куринская впадина располагается междуАравийской плитой и Евразийской платформой. О том, что в Куринской впадине породы испытывают интенсивное боковое давление, могут свидетельствовать современные GPS-измерения (Kadırov and others, 2008) скоростей горизонтальных движений Малого Кавказа в северо-восточном направлении, в сторону Куринской впадины (рис.3), достигающих 20 мм/год (Reilinger and others, 2006). Можно полагать, что эти значения скоростей в течение длительного периода менялись на меньшую или большую цифру, но главное, что это давление практически существовало с начала орогенических процессов в течение всего периода формирования региональных структур, и в частности самой Куринской впадины. Следует отметить, что пространства между новообразованными прогибами также испытывали воздействия сжатия. Поскольку вниз, в мантию, доступ из-за плотности пород менее доступен, то основное воздействие направлялось на выжимание материала вверх, с образованием поднятий, куполов, горстов, куда внедрялись более легкие фракции магмы среднеосновного, иногда и кислого состава. Таким образом, магматизм проявляется и при нисходящих, и при восходящих движениях, но состав магматического вещества резко меняется в зависимости от геодинамической обстановки, степени интенсивности проявления метаморфизма, от степени насыщенности магм флюидами и, возможно, других, не учтенных в данной статье причин.

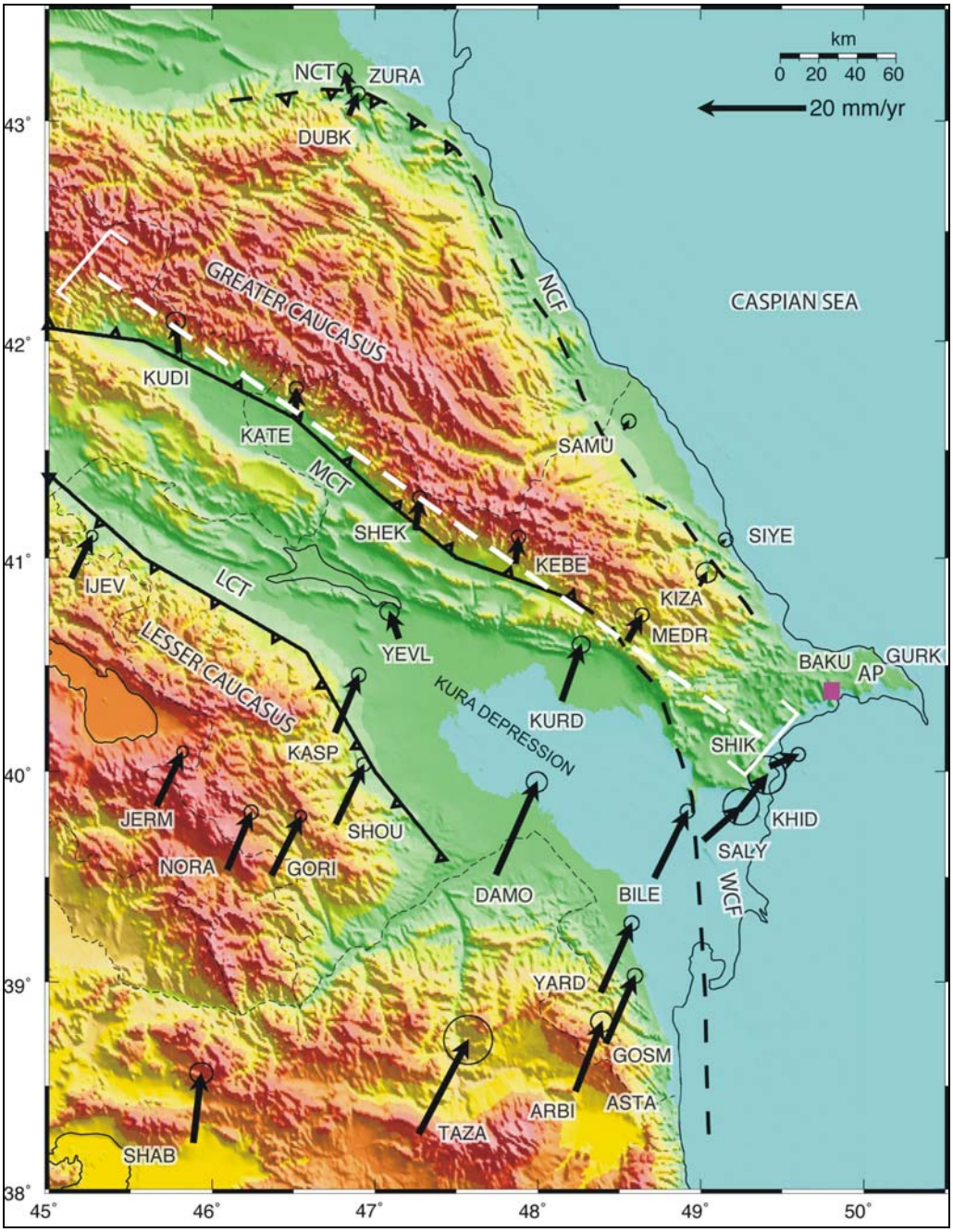


Рис 3. Азербайджанская GPS-геодинамическая сеть. Кружочки показывают точки измерения, квадрат – непрерывно работающую GPS-станцию Института геологии НАН Азербайджана, Баку; стрелки – направления сжимающего воздействия (Kadirov and other, 2008)

По третьему пункту. Расслоенность коры и литосферы, в целом обоснованная градиентами скоростей сейсмических волн, освещена во многих работах. В пределах Нижнекуринской впадины, внутри блоков коры, градиенты скорости также различны. Это обусловлено расслоенностью коры, возможно, и мантии, освещенной в работах многих исследователей. В вертикальном плане геофизический разрез Куринской впадины представляется как чередование высоко- и низкоскоростных слоев. При этом по мощности преобладают высокоскоростные слои, в результате создается в целом высокий скоростной уровень земной коры Закавказья (Краснопевцева,1984). При этом в средней части коры ус-

тановлен сравнительно однородный слой. Кровля земной коры на глубинах 15-18 км с $V_{пл}$=6,9-7,2 км/с имеет четкие границы, соответствующие границе Конрада, а нижняя толща коры над границей М – «самая неоднородная по скоростным параметрам». В южной части Нижнекуринской впадины наблюдаются пониженные скорости; на северной же, наоборот, прослежены высокие скорости (7,4 км/с) сейсмических волн. Кстати, по данным некоторых исследователей (Э.М.Шекинский, М.М.Раджабов) базальтовый слой на Кавказе сложен не массивными магматическими базальтами, а слоистыми кристаллическими сланцами. Вероятно, изменение скоростей есть отражение гетерогенности состава слагающих слои пород.

Блоково-слоистое строение земной коры геологами принимается однозначно. Блоковое строение Кавказа в целом и отдельных крупных структур описано многими исследователями. Что же касается расслоенности коры тех или иных регионов, что является результатом гравитационной дифференциации магматического вещества, то этому тоже имеются многочисленные примеры, непосредственно наблюдаемые в полевых условиях на дневной поверхности и по материалам бурения. К ним можно отнести расслоение доальпийского фундамента в Дзирульском массиве (Гамкрелидзе, Шенгелия, 2005), выделение контрастной мезозойской базальт – риолитовой формации на Малом Кавказе на альпийском этапе развития (Абдуллаев 1963), материалы Саатлинской сверхглубокой скважины СГ-1 и др.

Сложность петрологической интерпретации данных ГСЗ обусловлена не только объективными причинами, но также тем, что она зависит от выбора авторами скоростных моделей. Например, О.К.Литвиненко (1983) приводятся разрезы по профилю через Воронежский массив, составленные С.Чамо по системе условных годографов, полученных по ряду коротких осей синфазности. Ю.Г.Юров методом окружностей построил площадки, тяготеющие к двум опорным горизонтам на данном профиле со скоростью 7,0 и 8,1 км/с. Н.И.Павленковой и Т.В.Смелянской построены все отражающие площадки методом полей времени без их группировки в горизонте и проведены изолинии скоростей. По общей закономерности изменения скорости с глубиной модели мало различаются, но, по О.К.Литвиненко, они по-разному рисуют земную кору: в одном случае она монослойна, в другом – двухслойна, в третьем – как в коре, так и в мантии вырисовываются локальные структуры и тела. Согласно Э.Ш.Шихалибейли (1996), по одному сейсмическому профилю Волгоград – Нахчыван имеются три варианта интерпретации трех разных групп авторов.

Такой подход к фактическому материалу значительно усложняет работу петрологов по геологической интерпретации геофизических данных.

Заключение

Подытоживая приведенный материал, можно высказать следующее.

1. Если для образования глубинных прогибов, как отмечают исследователи, необходимо участие более мощных сил «неизостатической природы», то такими силами могут быть метасоматические процессы, приводящие к образованию эклогитов – пород с более высокой плотностью, чем у ультрамафитов, что обуславливает их погружение в мантию с формированием глубинных прогибов.

2. Формирование прогибов, в частности в Куринской впадине, сопровождалось интенсивным боковым давлением, вызванным северо-восточным передвижением Аравийской плиты. Это давление испытывало и вещество межпрогибных пространств, подвергаясь восходящему движению в верхние слои коры ввиду ограниченной возможности движения в низшие слои из-за высоких их плотностей. При этом выжимались относительно легкие фракции магмы. Таким образом, магматизм проявляется независимо от морфологии структуры, но вещественный состав магматитов резко различается в зависимости от геодинамических условий их проявления.

3. Предлагается разработать единую шкалу соответствия сейсмических данных определенным петрологическим параметрам (типам пород). Это позволило бы в определенной степени унифицировать геолого-геофизическую интерпретацию фактических данных.

Автор выражает благодарность член-

корр. НАНА Ф.А.Кадырову за ознакомление с рукописью данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

АБДУЛЛАЕВ, Р.Н. 1963. Мезозойский вулканизм северо-восточной части Малого Кавказа. Изд. АН.ССР. Баку. 228.

БАРАНОВА, Е.П., КРАСНОПЕВЦЕВА, Г.В., ПАВЛЕНКОВА, Н.И. 1980. Повторная интерпретация сейсмического профиля Сухуми-Масаллы. В кн.: *Сейсмическая модель литосферы основных структур территории СССР*, Наука, Москва, 184.

ГАМКРЕЛИДЗЕ, И.П., ШЕНГЕЛИА, Д.М. 2005. Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа. Научный мир. Москва. 458.

ГРИН, Д.Х., РИНГВУД, А.Э. и др. 1968. Петрология верхней мантии. Мир. Москва. 334.

КОЗЛОВСКИЙ, В.М., АРАНОВИЧ, Л.Я. 2008. Геолого-структурные условия эклогитизации палеопротерозойских базитовых даек восточной части Беломорского подвижного пояса. *Геотектоника*, 4, 70-84.

КРАСНОПЕВЦЕВА, Г.В. 1984. Глубинное строение Кавказского сейсмоактивного региона. Наука. Москва. 107.

ЛИТВИНЕНКО, О.К. 1983. Геологическая интерпретация геофизических данных. Недра. Москва. 208.

ЛУТЦ, Б.Г., ТИМОШЕНКО, И.С., АКИМОВ, А.П., ГАЛДИН, Н.Е. 1971. Парагенетический анализ минеральных ассоциаций глубинных пород, скорости распространения в них упругих волн при высоких давлениях. В сб.: *Природа сейсмических границ в земной коре*. Наука, Москва, 66-77.

РЕЗАНОВ, И.А., ШЕВЧЕНКО, В.И. 1984. Глубинное строение геосинклинального трога в Закавказье (по сейсмическим данным). *Геотектоника,* 6, 33-38.

САТЛИНСКАЯ СВЕРХГЛУБОКАЯ СГ-1. 2000. Nafta-Press. Баку. 288.

СИМОНОВ, В.А., САКЦЕВ, К.С., ВОЛКОВА, Н.И. и др. 2008. Условия формирования эклогитов Атбашинского хребта (Юж. Тянь-Шань). *Геология и геофизика Сиб.отд. РАН*, 49, 11, 1067-1083.

ШЕЙДЕГГЕР, А. 1987. Основы геодинамики. Недра. Москва.

ШИХАЛИБЕЙЛИ, Э.Ш. 1996. Некоторые проблемные вопросы геологического строения и тектоники Азербайджана. Элм. Баку. 215.

ШИХАЛИБЕЙЛИ, Э.Ш., АСКЕРХАНОВА, Н.Г., КАДИРОВ, Ф.А., КАДЫРОВ, А.Г. 1990. Гравитационное моделирование вдоль профиля ГСЗ № 3 Пойлу – Масаллы. *Изв.АН Азерб, сер.н. о Земле*, 2, 107-110.

KADIROV, F., MAMMADOV, S., REILINGER, R., McCLUSKY, S. 2008. Some new data on modern tectonic deformation and active faulting in Azerbaijan (according to Global Positioning System Measurements). *Proceedings Azerbaijan National Academy of Sciences. The Sciences of Earth*, 1, 82-88.

REILINGER, R.S. and 22 others. 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *J. Geophys. Res.,* BO5411, doi:10.1029/2005JB004051.

© А.Г.Кадыров и др., 2009

GPS-МОНИТОРИНГ И СЕЙСМИЧНОСТЬ КОЛЛИЗИОННОЙ ЗОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ЧАСТИ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

А.Г.Кадыров, С.Т.Агаева, Ф.А.Алиев, С.К.Мамедов, Г.Р.Бабаев, Ф.А.Кадиров

Институт геологии НАНА,
AZ114 Баку, просп. Г.Джавида, 29А

На основе данных о компонентах скоростей GPS-пунктов Азербайджана и прилегающих территорий исследуется распределение накопления напряжений вдоль азербайджанской части Главного Кавказского надвига. Проведенный комплексный анализ распределения эпицентров, механизмов очагов землетрясений и выделенной энергии землетрясений, а также GPS-скоростей позволяет выделить четыре зоны с различным уровнем сейсмичности: Балакен-Загатала; Шеки-Габаля; Шамаха-Исмаиллы и Абшерон.

Введение

Территория Азербайджана располагается в зоне активного столкновения (коллизии) двух континентов, Африканского и Евразийского (Mckenzie, 1972; Sengor et al., 1985; Philip et al., 1989). Реконструкция тектоники плит указывает на то, что первичная коллизия Аравийской плиты с Евразийской продолжается в интервале времени 10-30 млн. лет вплоть до современного этапа (Robertson, 2000; Allen et al., 2004) и значение скорости движения Аравийской плиты на север относительно Евразии с тех пор как началось столкновение остается более или менее постоянным и приблизительно равно 20 мм/год (McQuarrie et al., 2003; Reilinger et al., 2006). Согласно этим реконструкциям, Аравия продвинулась от своего первоначального местоположения на 200-600 км к месту, где прежде находилась континентальная евразийская литосфера. Это продолжающееся "вторжение" Аравии в Евразию обуславливает сокращение размера литосферы вдоль надвига, простирающегося в направлении В-З. Горизонтальное смещение литосферы из зоны столкновения плит происходит по правостороннему сдвиговому разлому (McKenzie, 1972; Sengor et al., 1985; Jackson, 1992; Kadirov et al., 2008; Reilinger et al., 2006). Эти региональные тектонические процессы вызывают землетрясения, которые исторически зарегистрированы по всей территории Кавказа.

В данной статье исследуется взаимосвязь между сейсмичностью и данными GPS-скоростей с целью выявления участков с различными проявлениями сейсмичности азербайджанской части Большого Кавказа. В работе используются данные GPS-наблюдений, выполненных в Азербайджане (Kadirov et.al., 2008) и на сопредельных территориях (Reilinger et.al., 2006), сводный каталог землетрясений за период 1902-2008 гг., составленный на основе каталога ГЦ Российской Академии наук (www.zeus.wdcb.ru), открытая информация международных сейсмологических центров, таких как NEIC, IRIS, CTBT, ANSS и Республиканского Центра Сейсмологической Службы Национальной Академии наук Азербайджана, а также каталог механизмов очагов землетрясений с $M \geq 4$ (www.usgs.gov; www.iris.edu; www.ctbto.org).

GPS-сеть Азербайджана и результаты измерений

GPS-сеть Азербайджана создана Институтом геологии Национальной Академии наук Азербайджана в сотрудничестве с Массачусетским Технологическим Институтом. Сеть состоит из 20 пунктов измерения и непрерывно делающих запись станций GPS, расположенных в Институте геологии, г. Баку и Шекинском Региональном Научном Центре НАНА. Сеть была установлена в 1998-2007 гг., в большинстве пунктов измерения проведены по 3-5 раз (Kadirov et al., 2008).

GPS-данные были обработаны, а ошибки оценены с использованием программного обеспечения GAMIT/GLOBK (King and Bock, 2004; Herring, 2004) по процедуре, описанной в работе Reilinger и др. (2006).

На рис. 1 показана карта скоростей GPS-пунктов в пределах территории Азербайджана в контексте с отобранными GPS-скоростями для сопредельных территорий. Определенные минимизацией скорости GPS-пунк-

тов, которые были распределены на Евроазиатской плите, показаны в рамке Евроазиатской системы координат.

Ошибка определения скорости составляет в основном менее 0,6 мм/год и позволяет довольно точно оценить конвергенцию плит поперёк Кавказской горной системы (т.е. ошибка составляет 5% от полной скорости конвергенции).

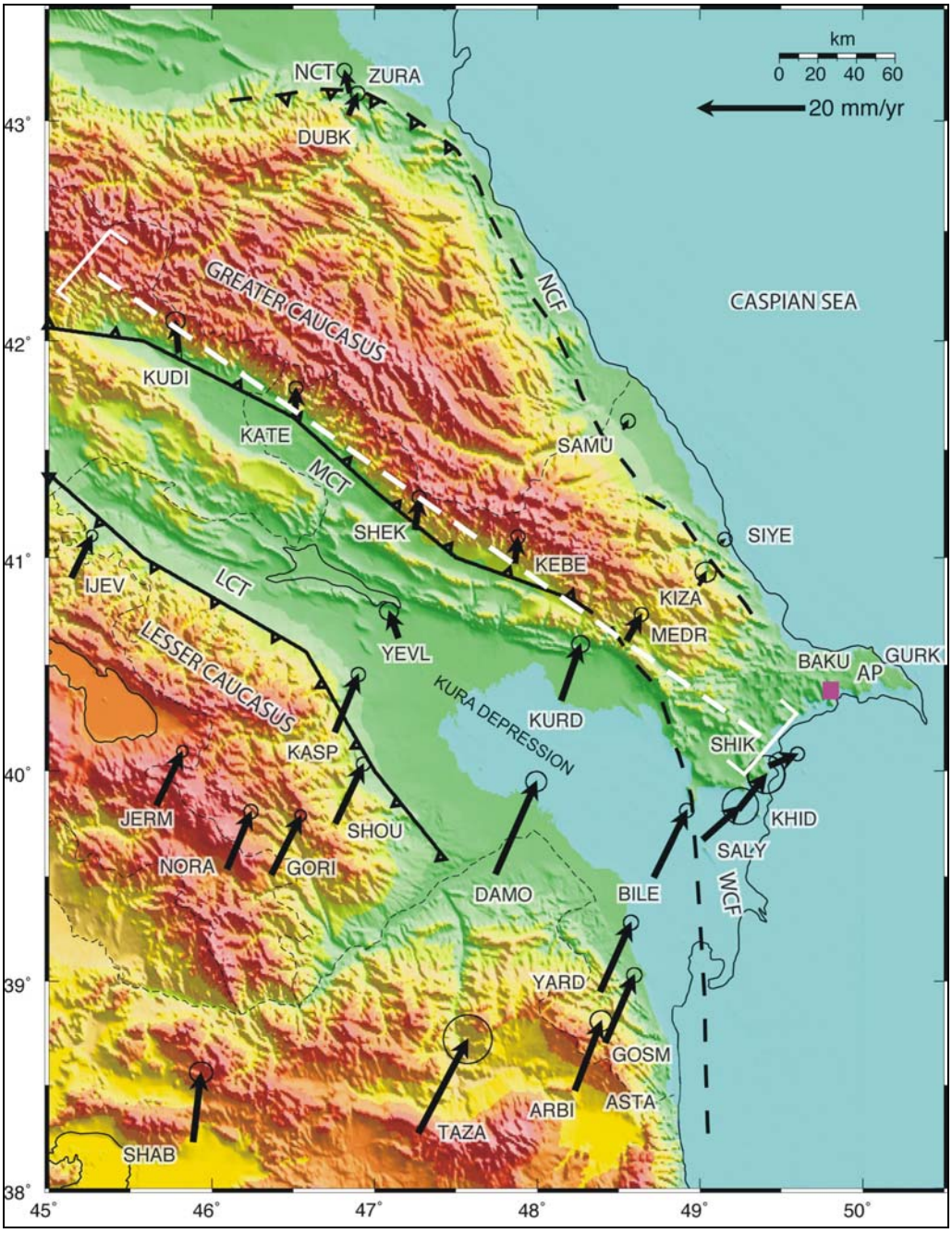


Рис. 1. GPS-горизонтальные скорости и их 95% эллипсы доверительной вероятности для Азербайджана и смежных частей Кавказского региона. Данные о скоростях пунктов, находящихся вне территории Азербайджана, взяты из работы (Reilinger et al., 2006). Здесь также показано местоположение и ширина (скобки) скоростного профиля вдоль Главного Кавказского надвига. Сокращения: NCT – Северокавказский надвиг, MCT – Главнокавказский надвиг, LCT – Малокавказский надвиг, WCF – Западнокаспийский разлом, NCF – Северокаспийский разлом, AP – Абшеронский полуостров. (Кадиров Ф., Кадиров А., Мамедов С., Реилингер Р. и МкКласки С.)

Скоростное поле GPS-наблюдений довольно четко иллюстрирует движение Аравийской плиты ССВ направления в Азербайджане и в смежных регионах Малого Кавказа относительно Евразии южнее Главнокавказского надвига (ГКН). Наиболее существенная особенность скоростного поля – уменьшение скорости в пунктах наблюдений, расположенных перпендикулярно к ГКН (то есть между KURD и MEDR, а также BILE и SHIK).

Сокращения размеров земной коры поперёк восточного сегмента ГКН (долгота 48°), определенные по разности скоростей между пунктами наблюдений Кюрдамир (KURD) и Сиазань (SIYE), составляют 10±1 мм/год.

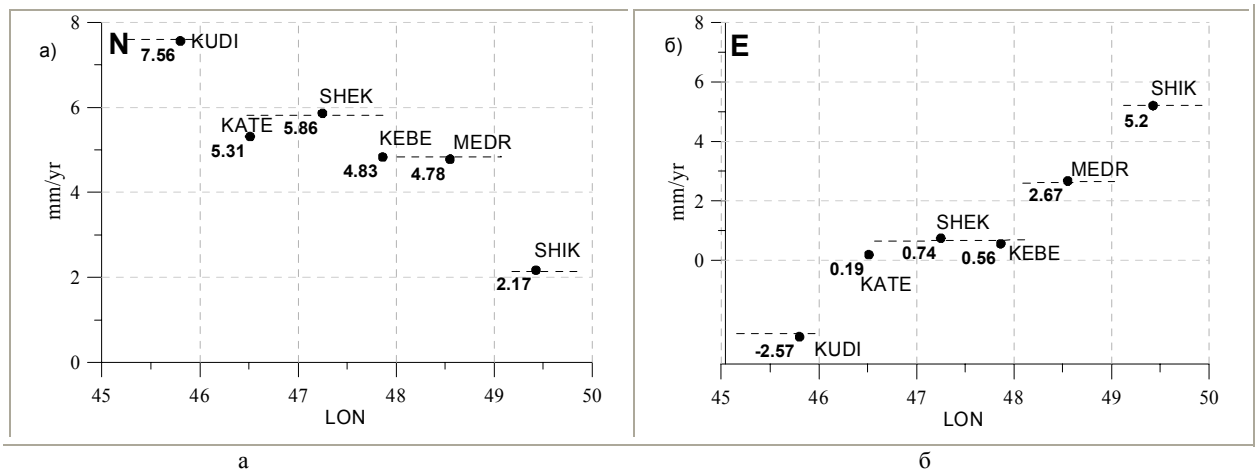
В западном Азербайджане сокращение размеров земной коры на Большом Кавказе происходит между ГКН и южным крылом Северо-Кавказского надвига (СКН), расположенного вдоль северного края горной цепи в Дагестане. Данные скоростей пунктов GPS-наблюдений Зурамакент (ZURA) и Дубки (DUBK) в Дагестане указывают на существование движений в северном направлении со скоростью 4 ± 1 мм/год. Учитывая значения скоростей GPS-пунктов наблюдений Малого Кавказа (8 ± 1 мм/год), скорость сокращения размеров земной коры в зоне между ГКН и СКН на 46° восточной долготы оценена в 4 ± 1 мм/год.

На пунктах, расположенных на Малом Кавказе и в Куринской впадине в пределах восточного Азербайджана (GOSM, YARD, BILE) и пункте SHIK, находящемся в береговой зоне Каспийского моря немного южнее Абшеронского полуострова, наблюдается резкое уменьшение скоростей движения Аравийской плиты в пунктах и вращения векторов скоростей в направлении часовой стрелки. Резкое уменьшение скорости и вращение векторов происходит восточнее долготы 48° в.д. вдоль Западнокаспийского разлома (ЗКР-WCF), а на Западнокаспийском разломе происходит правостороннее сдвиговое движение со скоростью 11 ± 1 мм/год (Kadirov et al, 2008).

Существующее распределение скоростей и их градиентов вызывает накопление напряжений вдоль ГКН различной величины, что, возможно, сказывается на сейсмическом режиме исследуемой территории.

С целью исследования взаимосвязи GPS-скоростей с сейсмичностью Большого Кавказа был выбран профиль с координатами 42.2776º с.ш. 45.3255º в.д.; 39.7028º с.ш. 50.1590º в.д., параллельный ГКН, который показан белой пунктирной линией на рис.1.

На рис. 2а показана северная компонента (V_N) скоростей GPS-пунктов вдоль скоростного профиля. По характеру V_N компоненты можно выделить приблизительно четыре зоны с различными значениями накопления напряжений: участок профиля, расположенный между 45.0°-46.3°в.д. (KUDI), с характерной скоростью V_N =7.56 мм/год; участок профиля, расположенный между 46.3°-48°в.д. (KATE-SHEK-KEBE), с характерными скоростями V_N =4.83÷-5.86 мм/год; участок профиля между 48°-49°в.д. (MEDR) с V_N =4.78 мм/год; и участок профиля 49°-50°в.д. (SHIK) со значениями скорости V_N = 2.17 мм/год.



а б

Рис. 2. Компоненты скоростей горизонтальных движений пунктов GPS-наблюдений: *а* – северная компонента V_N, б – восточная компонента V_E

На рис. 2б показана восточная компонента (V_E) скоростей GPS-пунктов. Здесь также выделяются те же четыре зоны. В этих зонах характерные V_E скорости соответственно равны: V_E = -2,57; 0.56; 2.67; 5.20 мм/год.

Как видно, по обеим компонентам скоростей выделяются четыре зоны, с различной интенсивностью накопления напряжений.

Распределение эпицентров землетрясений

На рис.3 представлена карта распределения эпицентров землетрясений, произошедших в Азербайджане и на прилегающих территориях за период 1902-2008 гг.

Для сопоставления сейсмичности Большого Кавказа с GPS-измерениями были выбраны землетрясения, расположенные в полосе шириной 1º, проходящей вдоль выбранного профиля. Эпицентры землетрясений, попадающие в эту полосу, приводится на рис.4. Для исследуемой территории количество сейсмических событий составляет N = 305.

По распределению эпицентров землетрясений выделяются также четыре зоны: I зона – Балакен-Загатала; II зона – Шеки-Габаля; III зона – Шамаха-Исмаиллы и IV зона – Абшерон.

На рис.4 они выделены белыми прямоугольниками. Зоны с более высокой плотностью распределения эпицентров землетрясений (I и III) чередуются зонами с относительно низкой плотностью (II и IV).

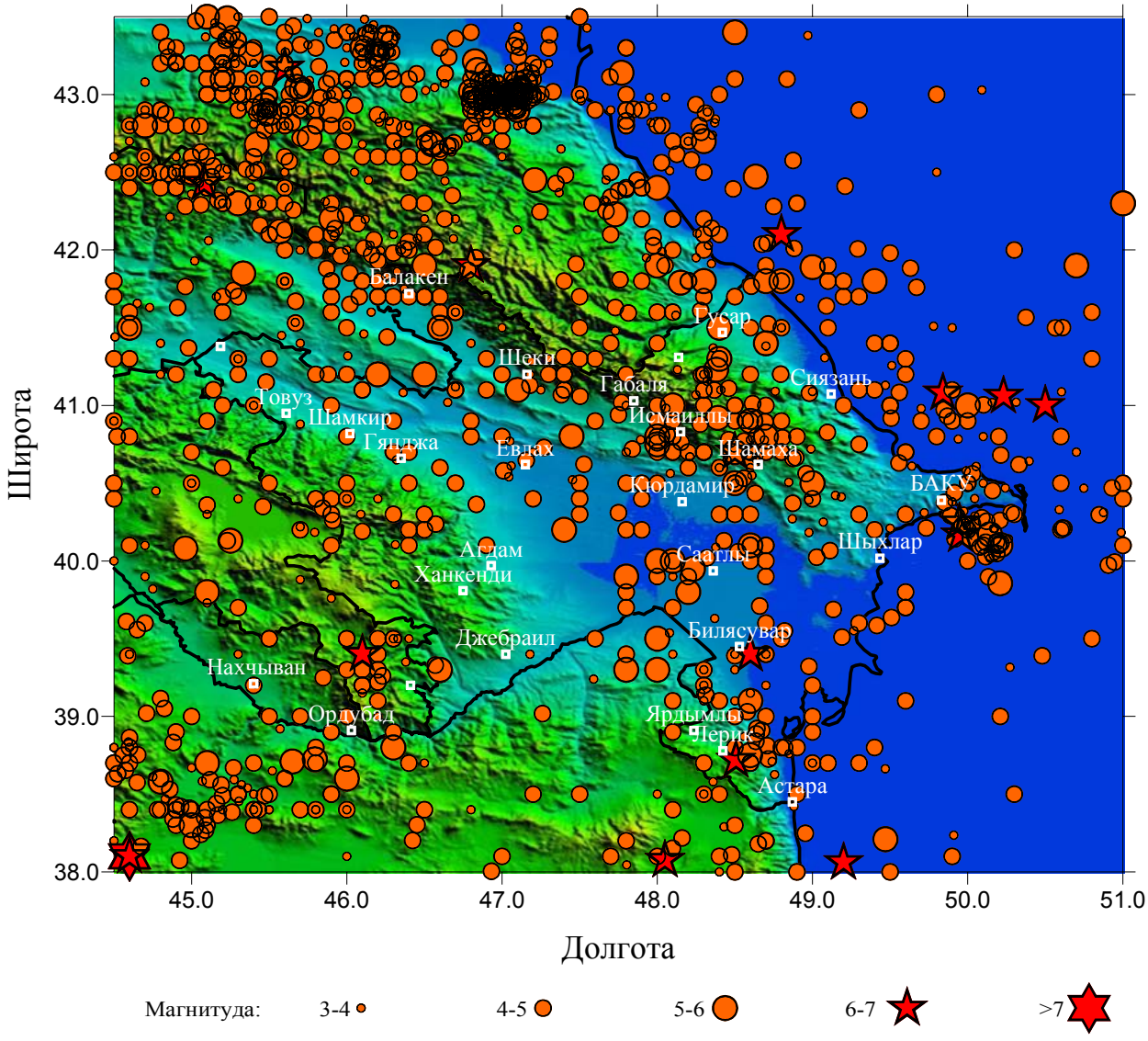


Рис.3. Распределение эпицентров землетрясений, произошедших в 1902-2008 гг.

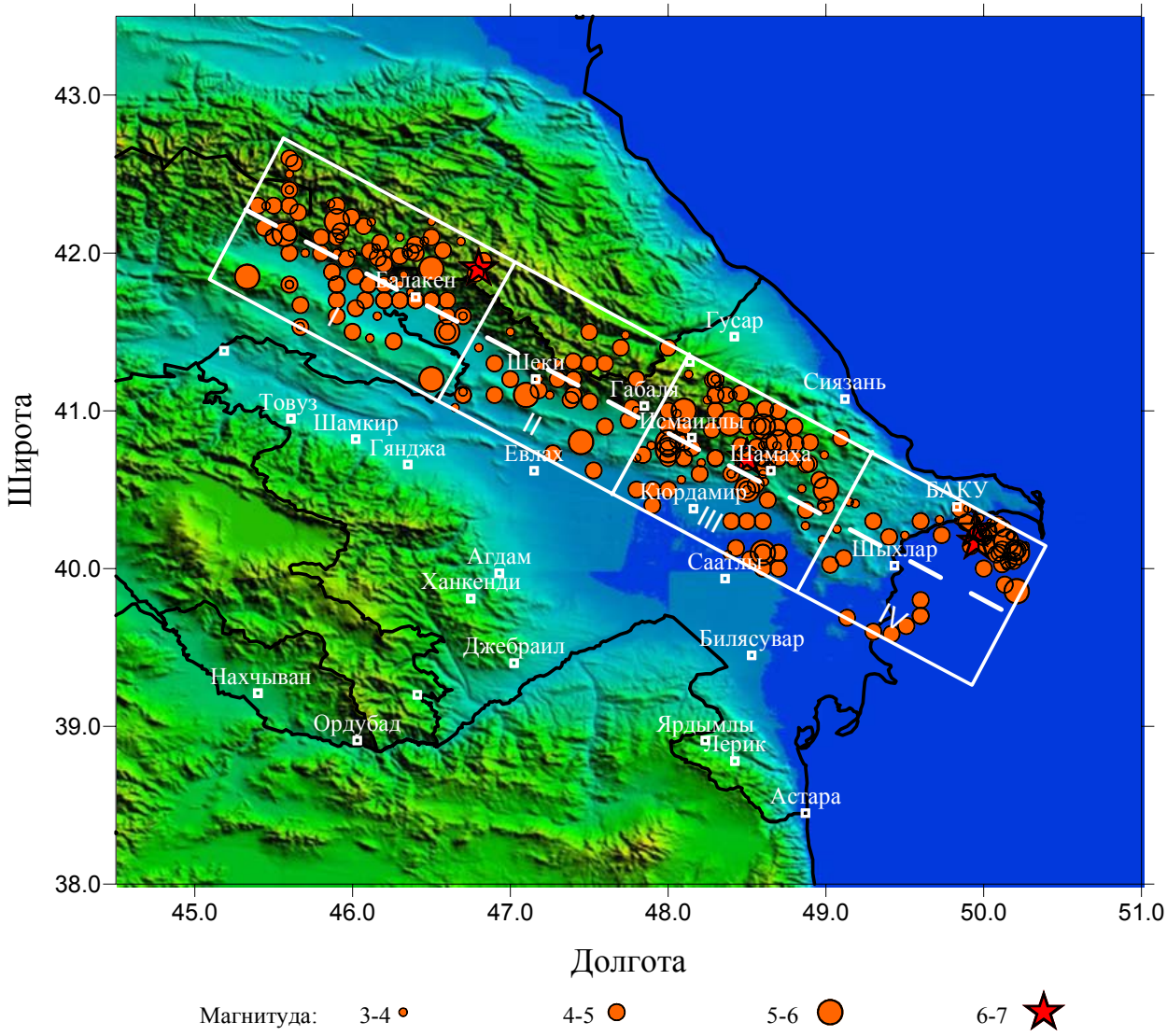


Рис. 4. Распределение эпицентров землетрясений, произошедших в 1902-2008 гг., в полосе шириной 1°

На рис.5 представлена гистограмма суммарной энергии, выделившейся в результате землетрясений, по этим зонам. Максимальное количество выделившейся энергии наблюдается в IV, Абшеронской, сейсмоактивной зоне. Далее по количеству выделившейся энергии следует зона III, соответствующая Шамаха-Исмаиллинской сейсмоактивной зоне. Третьей по количеству выделившейся энергии является зона I (сейсмическая зона Балакен-Загатала). Наименьшее количество выделившейся энергии наблюдается во II зоне, которая соответствует Шеки-Габалинской сейсмической зоне.

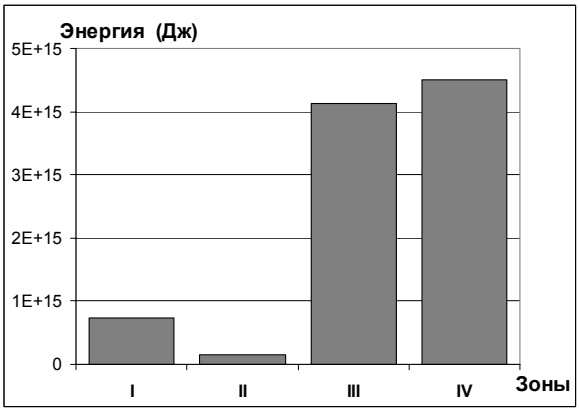


Рис. 5. Распеделение суммарной энергии, выделенной в результате землетрясений, по зонам

Напряженное состояние земной коры

Для оценки современного напряженного состояния земной коры территории Азербайджана была использована база данных Карты Мировых Напряжений (WSM), включающая в себя глобальную базу данных о механизмах очагов из различных баз данных, в том числе CMT каталога Гарвардского университета, базы данных Национального Информационного Центра землетрясений USGS, (www.world-stress-map.org; Müller et al., 2005). В рамках проекта построения Всемирной Карты Напряжений база данных была уточнена, дополнена данными о механизмах очагов С.Т. Агаевой (Agayeva, 2006) и построена модифицированная карта механизмов очагов по методике CASMO (Babayev, 2008) (рис. 6).

Напряженное состояние земной коры Большого Кавказа характеризуется близгоризонтальным сжатием, ориентированным преимущественно вкрест простирания региональных геологических структур. По данной карте напряжений в исследуемом регионе расположен надвиговый разлом горизонтального сжатия север – северо-восточного направления, расположенный в западной части южного Кавказа, и восток – северо-восточного направления, расположенный в восточной части Большого Кавказа. В западной части Азербайджана сжатие наблюдается между Главнокавказким надвиговым разломом и прогибанием южного простирания вдоль северного края горной цепи. Кроме того, наблюдается очевидный переход от левостороннего сдвига по простиранию на преимущественно правосторонний сдвиг к югу от горного хребта Большого Кавказа.

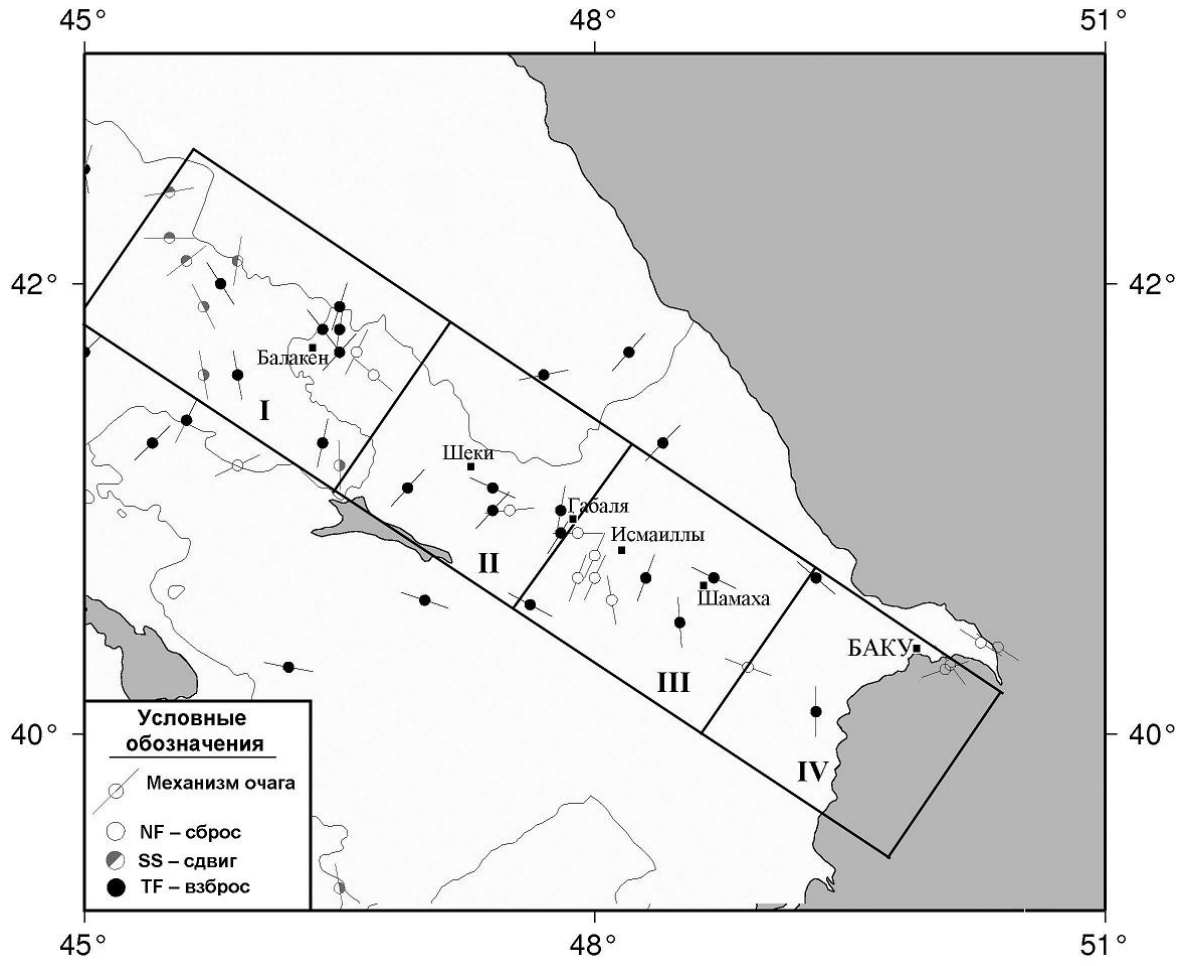


Рис. 6. Карта напряженного состояния земной коры азербайджанской части коллизионной зоны Большого Кавказа

Вдоль ГКН преобладают взбросовые движения в С-СВ направлении, что приводит к сжатию земной коры вдоль ГКН. Этот фактор хорошо сочетается с полученными в GPS-пунктах данными о современных движениях земной коры. Выделение по распределению плотности эпицентров землетрясений и по данным GPS-наблюдений 4 зон с различными значениями накопления напряжений находит свое подтверждение также в результатах определения фокального механизма землетрясений. Происходит чередование видов ориентации главных напряжений и дифференциация типов подвижек по разломам. Первая (Балакен-Загатала) и третья (Шамаха-Исмаиллы) зоны характеризуются преобладанием близгоризонтального растяжения, подвижки по разлому – сбросы, сбросо-сдвиги; вторая (Шеки-Габаля), четвертая (Абшерон) зоны характеризуются преобладанием близгоризонтального сжатия, подвижки по разлому – надвиги, взбросы.

Заключение

- По распределению горизонтальных компонентов GPS-скоростей выделены четыре зоны с различными значениями накопления напряжения.

- Подобные зоны выделяются также по распределениям эпицентров землетрясений и выделенной сейсмической энергии.

- Эти данные позволяют в азербайджанской части Большого Кавказа выделить следующие сейсмические зоны: Балакен-Загатала; Шеки-Габаля; Шамаха-Исмаиллы и Абшерон.

- Выделение четырех зон с различными значениями накопления напряжений находит свое подтверждение также в результатах определения фокального механизма землетрясений. Происходит чередование видов ориентации главных напряжений и дифференциация типов подвижек по разломам.

ЛИТЕРАТУРА

АГАМИРЗОЕВ, Р.А. 1987. Сейсмотектоника Азербайджанской части Большого Кавказа. Баку. Элм. 124.

ГАСАНОВ, А.Г. 2003. Ощутимые землетрясения Азербайджана 1983-2002 гг. Элм. Баку. 129.

СУЛТАНОВА, З.З. 1986. Ощутимые землетрясения Азербайджана 1966-1982 гг. Элм. Баку. 96.

AGAYEVA, S. 2006. Stress state of the Earth's crust in Azerbaijan. *Recent geodynamics, georisk and sustainable development in the Black Sea to Caspian Sea region* Conference proceedings of American Institute of Physics, 825, Melville, New York, USA, 97-102.

ALLEN, M., JACKSON, J., WALKER, R. 2004. Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates. *Tectonics,* 23, doi: 10.1029/2003TC001530.

ANSS (Advanced National Seismic System) earthquake catalog of USA (www.ncedc.org/anss/catalog-search.html).

BABAYEV, G. R. 2008. Numerical modeling of topography-induced stress pattern of the Greater and Lesser Caucasus. *AMEA Gənc alimlərin əsərləri*, 1, Bakı.

HERRING, T.A. 2004. GLOBK: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program version 4.1. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge. MA.

JACKSON, J. 1992. Partitioning of strike-slip and convergent motion between Eurasia and Arabia in eastern Turkey. *J. Geophys. Res*., 97, 12471–12479

KADIROV, F., MAMMADOV, S., REILINGER, R., McCLUSKY, S. 2008. Some new data on modern tectonic deformation and active faulting in Azerbaijan (according to Global Positioning System Measurements). *Proceedings Azerbaijan National Academy of Sciences. The Sciences of Earth*, 1, 82-88.

KING, R.W., BOCK, Y., 2004. Documentation of the MIT GPS analysis software. GAMIT, Mass. Inst. of Technol., Cambridge.

McKENZIE, D.P. 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J. R. Asron. Soc.*, 30, 239-243.

McQUARRIE, N., STOCK, J., VERDEL C., WERNICKE, B.P. 2003. Cenozoic evolution of Neotethys and implications for the causes of plate motions. *Geophys. Res. Lett*., 30(20), 2036, doi:10.1029/2003GL017992.

MUELLER, B. HEIDBACH, O., TINGA, M. 2005. The World Stress Map – a freely accessible tool for geohazard assessment. *Proceedings of the international workshop on recent geodynamics, georisk and sustainable development in the Black Sea to Caspian Sea region*. Baku. Azerbaijan. 3-6 July.

PHILIP, H., CISTERNAS, A., GVISIANI, A., GORSHKOV, A. 1989. The Caucasus: An actual example of the initial stages of continental collision. *Tectonophysics*, 161, 1–21.

REILINGER, R., and 22 others, 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *J. Geophys. Res*., BO5411, doi:10.1029/2005JB004051.

ROBERTSON, A.H.F. 2000. Mesozoic-Tertiary tectonic evolution of a south Tethyan ocean basin and its margins in southern *Turkey.* In*: Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geol. Soc. Spec. Pub. London. 173, 97-138.

SENGOR, A.M.C., GORUR, N., AND SAROGLU, F. 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: *Strike-slip Faulting and Basin Formation*, Society of Econ. Paleont. Min. Sec. Pub., 37, 227-264.

www.usgs.gov
www.iris.edu
www.ctbto.org
www.zeus.wdcb.ru
www.world-stress-map.org

© Ə.B.Həsənov, X.V.Şərifov, 2009

GEOLOJİ PROSESLƏR VƏ DƏNİZ HİDROTEXNİKİ QURĞULARININ TƏHLÜKƏSİZLİYİ

Ə.B.Həsənov, X.V.Şərifov

Azərbaycan MEA, Geologiya İnstitutu
AZ1143, Bakı, H. Cavid prosp., 29A

Dənizdə hidrotexniki qurğuların yerləşdirilməsi ilk növbədə əlverişli şəraitin yaradilmasını tələb edir. Müxtəlif tipli hidrotexniki qurğuların layihələndirilməsi, qurulması və həmçinin təhlükəsiz istismarı dəniz dibinin struktur planı, burada baş verən geoloji proseslər və kəsilişin üst hissəsini təşkil edən süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri haqqında dəqiq məlumatlar tələb edir. Məqalədə Xəzər dənizinin Azəri-Çıraq-Günəşli və İnam sahələrində yerinə yetirilmiş fasiləsiz seysmoakustik profilləmə, qazıma, dəniz dibi su və süxur nümunələrinin geokimyəvi analizinin nəticələrindən istifadə edərək sürüşmə, palçıq vulkanizmi və kəsilişin üst hissəsində karbohidrogen qazlarının toplanması kimi faktorların süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə təsiri öyrənilmiş və bu təsiri əks etdirən qrafiklər tərtib edilmişdir.

Azərbaycanda iqtisadiyyatın, o cümlədən neft-qaz hasilatının artımı müxtəlif maraqlı layihələrin yaranmasına təkan vermişdir. Quruda aparılan genişmiqyaslı tikintilərlə yanaşı, hövzələrdə də müxtəlif hidrotexniki qurğuların (liman, tunellər, platformalar, neft-qaz kəmərləri, kanallar, körpülər və s.) tikintisinə ehtiyac yaranmışdır. Bu isə hövzələrdə kəsilişin üst hissəsinin (KÜH) öyrənilməsinə tələbatı xeyli artırmışdır. Kəsilişin üst hissəsinin öyrənilməsi mühəndisi-geoloji-geofiziki tədqiqatlarla həyata keçirilir və bu zaman həll olunan məsələlərdən biri də geoloji proseslərin öyrənilməsi və onların süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə təsirinin qiymətləndirilməsidir.

Məqalədə Kompleks Geoloji Kəşfiyyat və Topoqrafiya İdarəsi tərəfindən Xəzər dənizinin Azəri-Çıraq-Günəşli və İnam sahələrində yerinə yetirilmiş fasiləsiz seysmoakustik profilləmə, qazıma və dəniz dibi su və süxur nümunələrinin geokimyəvi analizinin nəticələrindən istifadə edilmişdir. Alınmış məlumatların müqayisəli analizi nəticəsində sürüşmə, palçıq vulkanizmi və kəsilişin üst hissəsində karbohidrogen qazlarının toplanması kimi faktorların süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə təsiri öyrənilmişdir.

Sürüşmə dedikdə, böyük süxur kütlələrinin ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında yamac boyu müəyyən səth üzrə axması başa düşülür. Bu o zaman baş verir ki, süxurlararası əlaqə ağırlıq qüvvəsindən kiçik olur.

Sürüşmələrin yaranması çox mürəkkəb və çoxamilli bir prosesdir. Sürüşmələrin yaranma və inkişaf xüsusiyyətlərini müəyyən edən amilləri əsasən iki qrupa bölmək olar (Həsənov, Əhmədov, 1996). Birinci qrupa sürüşmələrin formalaşdığı geoloji mühitin ilkin vəziyyətini əks etdirən amillər daxildir: yamacın relyefi (morfologiyası və mailliyi) və litologiyası, yamacı təşkil edən süxurların yatma şəraiti və mühəndisi-geoloji xüsusiyyətləri, su ilə doyumlu təbəqələrin kəsilişdə vəziyyəti. İkinci qrup amillərə yamacın ilkin vəziyyətini dəyişən proseslər aiddir: aşınma, müasir neotektonik hərəkətlər, müxtəlif texnogen təsirlər.

Sürüşmə proseslərinin öyrənilməsi ilə bir çox tədqiqatçılar məşğul olmuşlar. Lakin bu tədqiqatlar əsasən yerüstü sürüşmələri əhatə etmişdir. Halbuki dəniz dibi relyefdə baş verən sürüşmələr həm sayına, həm də ölçüsünə görə daha böyükdür. 80-cı illərdən etibarən mühəndisi-geoloji tədqiqatların aparılması, xüsusən də FSAP üsulunun tətbiqi nəticəsində Xəzər dənizinin bir çox strukturlarında Şah-dəniz, Azəri-Çıraq-Günəşli, İnam, Şirvan-dəniz və s. sahələrdə sürüşmə əlamətləri müəyyən olunmuş və xəritəyə alınmışdır. Sürüşmə hadisələrinin öyrənilməsi prosesində ilkin olaraq sürüşmənin relyefin hansı elementinə uyğun olması müəyyən olunmuş, yamacın hündürlüyü və mailliyi təyin edilmişdir (1-ci şəkil). Daha sonra sürüşmələrin yayılma sahəsi xəritəyə alınmış və onların yaranmasına səbəb olmuş amıllərin aşkarlanmasına cəhd göstərilmişdir. Müəyyən olunmuş-

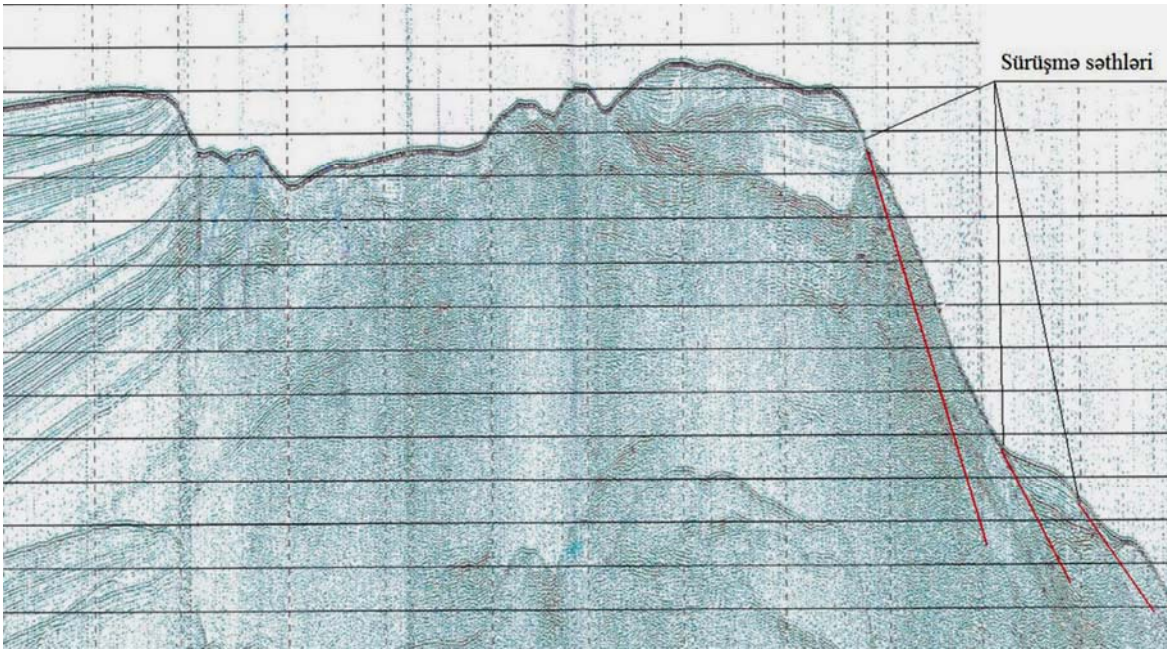
dur ki, sürüşmələrin yaranma dinamikasına təsir edən amillər əsasən strukturların müasir mərhələdə inkişafı, Cənubi Xəzər çökəkliyinin enməsi və bununla əlaqədar olaraq strukturların cənub-qərb yamacını təşkil edən çöküntülərin yatma bucağının artması, çoxsaylı qırılmaların varlığı, kəsilişin üst hissəsini təşkil edən çöküntülərdəki güclü parçalanma, dənizin aktiv hidrodinamiki rejimi və aktiv palçıq vulkanizmidir.

Azəri-Çıraq-Günəşli sahələri üzrə aparılmış tədqiqatlar nəticəsində (Абдулхакова, 1996) sürüşmə səthinin üst bakının müxtəlif fasial qatlarına uyğun gəlməsi müəyyən olunmuşdur. Strukturların şimal-şərq qanadı ilə cənub-qərb qanadı arasında fərqin olması buna sübutdur. Belə ki, cənub-qərb qanadda sürüşmə zonasında xəzər və üst bakı horizontları nəzərə çarpmır. Bundan başqa, qanadlarda bəzi çöküntülərin olmamasına səbəb həm də onların uçması və yuyulması da ola bilər. Bu sahələr çöküntülərin çox güclü parçalanması ilə xarakterizə olunur ki, bu da həmin çöküntülərin sıxlığının azalmasına, onlarda çatlılığın artmasına və davamlılığın itməsinə səbəb olur. Bu da öz növbəsində çöküntülərin daha tez uçmasına və yuyulmasına gətirib çıxarır.

Müxtəlif sahələr üzrə alınmış mühəndisi-geoloji və FSAP məlumatlarının kompleks analizi nəticəsində bir sıra ümumi nəticələr alınmışdır.

- Kəsilişin üst hissəsini təşkil edən çöküntülərin sürüşməsi əsasən strukturların cənub-qərb qanadını əhatə etmişdir.
- Sürüşmələrin müşahidə olunduğu dəniz dibinin minimal mailliyi 2-2.5° təşkil etmişdir.
- Dəniz dibinin morfologiyasının dəyişməsinə və çöküntülərin yenidən paylanmasına eyni zamanda bir neçə faktor təsir edir: sürüşmə, uçma və yuyulma.
- Çöküntülər əsasən o zaman sürüşməyə və yuyulmaya məruz qalır ki, onlar güclü parçalanma ilə xarakterizə olunsun.
- Yüksəkdispersli gillərin mövcud olduğu təbəqələrdə sürüşmələr daha tez-tez müşahidə olunur, belə ki, bu gillər daxili sürtünmə bucağının aşağı qiymətləri ilə xarakterizə olunur. Buna görə də bu gillər çox kiçik xarici təsirdən sürüşə bilər.

Çöküntülərin yuyulması qumlu fraksiyaların üstünlük təşkil etdiyi süxurlarda daha çox müşahidə olunur. Məlum olduğu kimi, bu cür süxurlar daxili birləşdirici qüvvələrin zəifliyi ilə xarakterizə olunur ki, bu da onların daha tez yuyulmasına səbəb olur.



1-ci şəkil. Sürüşmə səthlərini əks etdirən seysmoakustik zaman kəsilişi

Hidrotexniki qurğuların yerləşdirilməsi zamanı sürüşmə səthlərinin süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə təsirinin öyrənilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, aparılan tədqiqatlar sürüşmə səthlərinin süxurların fiziki-mexaniki, o cümlədən dayanaqlılıq və deformasiya xüsusiyyətlərinə müəyyən təsiri olduğunu aşkarlamışdır.

Tektonik qırılmaların və sürüşmə səthlərinin süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə təsirini müəyyən etmək üçün aparılan analizlər sürüşmə səthlərinin müşahidə olunduğu quyulardan və bu əraziyə yaxın yerdə qazılmış və təxminən eyni litoloji kəsilişə malik, lakin sürüşmə səthlərinin qeyd olunmadığı quyulardan götürülmüş nümunələr üzərində həyata kecirilmişdir. Bu nümunələrin müqayisəli analizi onların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərində müəyyən fərqlərin olduğunu göstərmişdir.

2-ci şəkildə Azəri sahəsində gazılmış quyular üzrə süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin dərinlikdən asılı olaraq dəyişməsi qrafiki verilmişdir.

Kəsilişdən göründüyü kimi, 34 №-li quyuda 50-100 m intervalında sürüşmə səthləri müşahidə olunmuşdur. 38 №-li quyuda isə sürüşmə səthi yalnız kiçik bir intervalda (72-78 m) qeyd olunmuşdur. Əyrilərin müqayisəli analizi sürüşmə səthlərinin müşahidə olunduğu intervallarda süxurların sıxlığının təxminən 0.1q/cm^3 azalmasını, nəmliliyin isə 5-10% artmasını müəyyən etmişdir. Bundan başqa, həmin intervallarda plastiklik ədədinin bir qədər artması, axımlılıq göstəricisinin isə azalması qeyd olunmuşdur.

Eyni tendensiya 101 və 112 №-li quyularda da müşahidə olunmuşdur (3-cü şəkil). 101 №-li quyuda 20-40 m, 50-85 m intervallarında sürüşmə səthlərinə rast gəlinmişdir. 112 №-li quyuda isə, demək olar ki, sürüşmə səthi qeyd olunmamışdır.

Əyrilərdən göründüyü kimi, sürüşmə səthlərinin varlığı süxurların sıxlığının azalmasına, nəmliliyin və plastiklik ədədinin artmasına, axımlılıq göstəricisinin isə azalmasına səbəb olmuşdur.

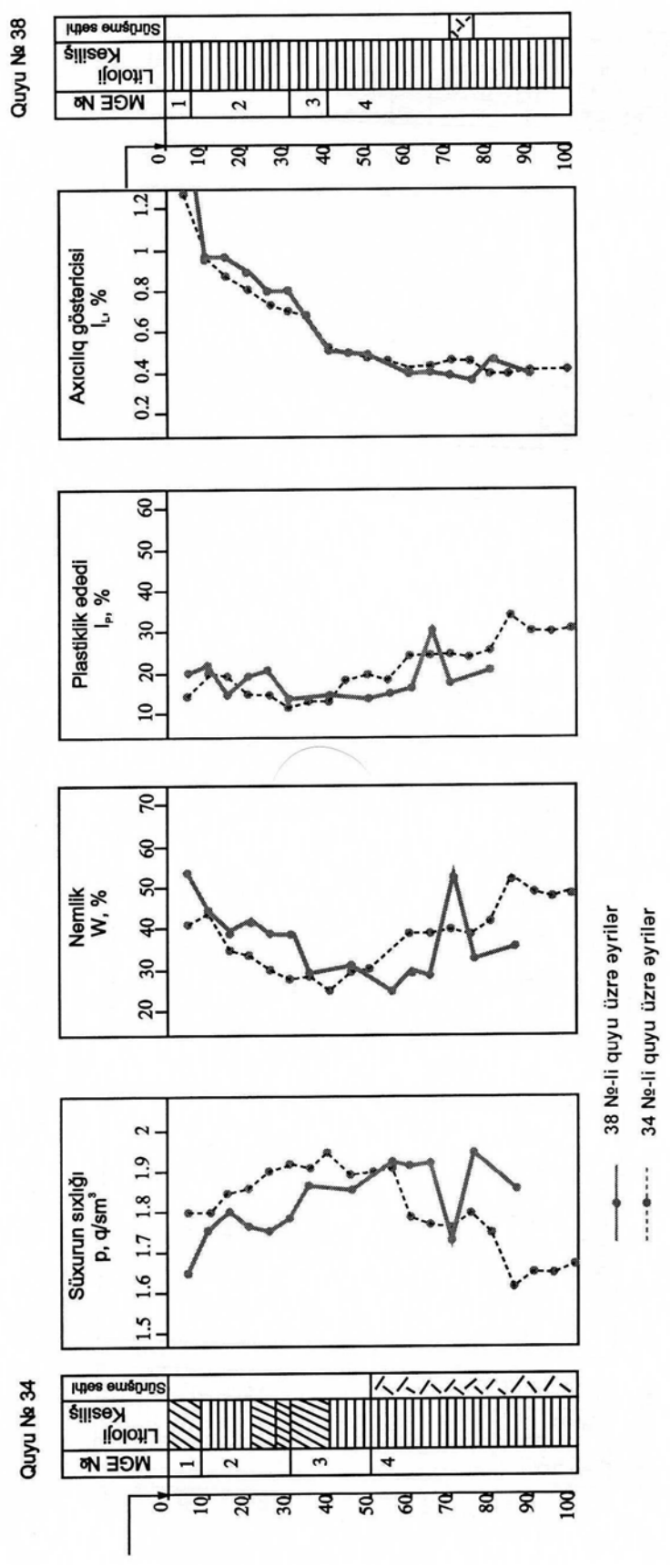
Beləliklə, bu faktlar sürüşmə səthlərinin süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə müəyyən təsirinin olduğunu göstərmişdir. Lakin bu asılılığın varlığının birmənalı olaraq söyləmək üçün aparılan bu tədqiqatlar kifayət deyildir və onların gələcəkdə daha da geniş surətdə aparılması lazımdır. Belə ki, bu məsələnin öyrənilməsi hidrotexniki qurğuların quraşdırılması və gələcəkdə təhlükəsiz istismarı üçün vacibdir.

Xəzər dənizində yerləşən strukturların çox hissəsində kəsilişin üst hissəsi eninə və uzununa çoxsaylı qırılmalarla mürəkkəbləşmişdir. Bu qırılmalar flüidlərin hərəkəti üçün əlverişli zəmin yaradır ki, bu da kəsilişin üst hissəsində müxtəlif tərkibli qazların yığılmasına səbəb olur. Özü-özlüyündə qırılmaların varlığı həmin sahələrin hidrotexniki qurğuların qoyulması üçün əlverişsiz olması demək deyildir. Lakin bu cür sahələrin qazla doyumlu zonalara uyğun gəlməsi qazma işləri zamanı müxtəlif qəza vəziyyətlərinin yaranmasına səbəb olar.

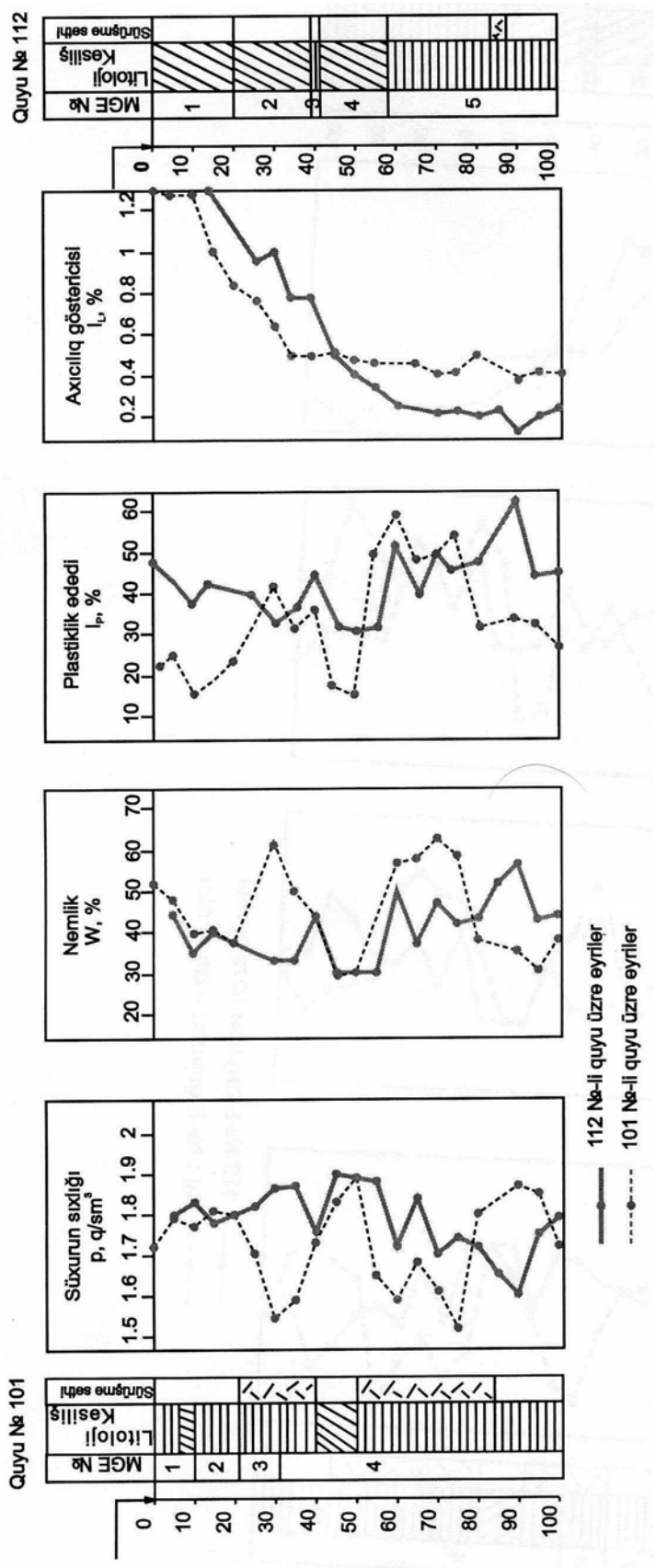
Kəsilişdə karbohidrogen qazlarının toplanması süxurların bəzi xüsusiyyətlərinin dəyişməsinə səbəb olur. Belə zonalarda aparılmış seysmoakustik tədqiqatların analizi göstərir ki, qazların varlığı kollektorların həcmi sıxlığının azalmasına, uzununa dalğaların sürətinin düşməsinə səbəb olur, bu da öz növbəsində əksetdirici sərhədlərin konfiqurasiyasının dəyişməsinə təsir göstərir. Bu da zaman kəsilişində layların qalınlığının artmasına və monoklinal yatım şəraitində yalançı sinklinalların formalaşmasına gətirib çıxarır.

Bu cür hallara İnam, Aran-dəniz, Şah-dəniz və s. sahələrdə rast gəlmək olar. Aşağıda İnam sahəsində işlənmiş zaman kəsilişi verilmişdir (4-cü şəkil). Şəkildən göründüyü kimi, profilin şimal-şərq hissəsi üc ədəd qırılma ilə mürəkkəbləşmişdir. Qırılma boyu sinfaz oxlarının kəskin aşağı düşməsi və bununla əlaqədar olaraq əksetdirici sərhədlərin sinklinal formasını alması müşahidə olunmuşdur.

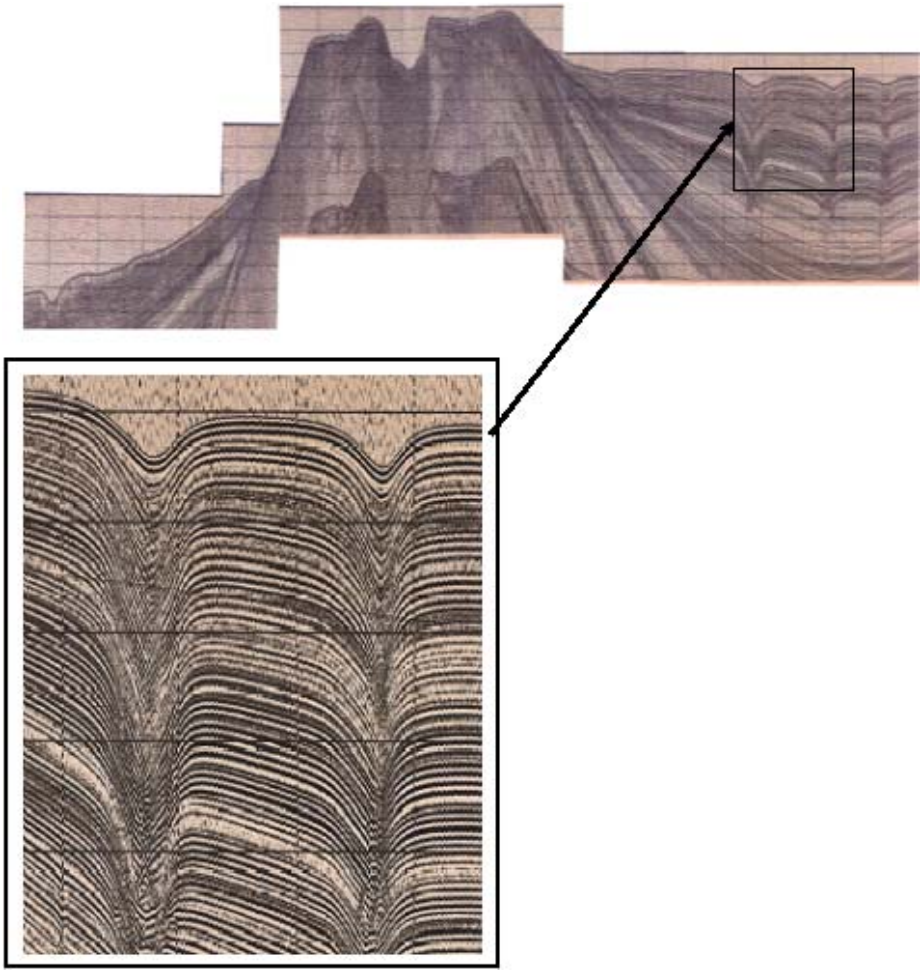
Belə yazı formasının alınmasına səbəb bu qırılmalar üzrə qazların sızmasıdır. Belə ki, qazların varlığı siqnalın sürətinin azalmasına, bu da öz növbəsində siqnalın gedib-qayıtma vaxtının artmasına səbəb olmuşdur. Zaman kəsilişində bu, yalancı sinklinalların formalaşmasına səbəb olmuşdur. 5-ci şəkildə İnam sahəsindən götürülmüş dəniz dibi su və süxur nümunələrinin analizi nəticəsində qurulmuş qazladoyumluluq xəritəsi göstərilmişdir. Xəritədə qazladoyumlu zonalar qırmızı rənglə qeyd olunmuşdur. Əgər biz yuxarıda müzakirə etdiyimiz profili bu xəritəyə oturtsaq, 17-20 nömrəli piket arasında yerləşən qırılmaların qazladoyumlu zonaya uyğun gəldiyini görərik. Bu bir daha profildə qeyd olunan yazı formasının qazla əlaqədar olmasını sübut edir.



2-ci şəkil. Sürüşmə səthlərinin müşahidə olunduğu quyularda süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin dəyişməsi qrafiki



3-cü şəkil. Sürüşmə səthlərinin müşahidə olunduğu quyularda süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin dəyişməsi qrafiki



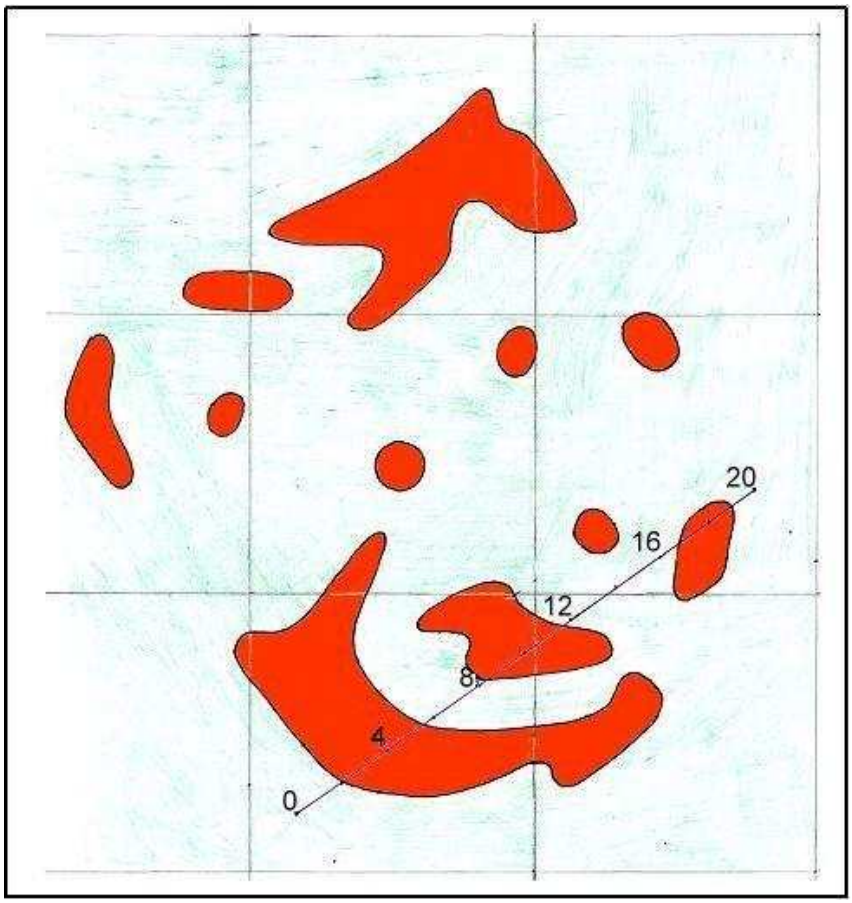
4-cü şəkil. İnam sahəsindən alınmış seysmoakustik zaman kəsilişi

Xəritədə müşahidə olunan digər qazladoyumlu zonalar profildə qeyd olunan sürüşmə və palçıq vulkanı ərazisinə uygun gəlir. Bu da təbiidir. Belə ki, palçıq vulkanlarının qaz çıxışları ilə müşayiət olunduğu məlumdur. Bundan başqa, İnam strukturunun geoloji xəritəsinə əsasən, bu, palçıq vulkanı strukturun tağından keçən uzununa qırılmaya uyğun gəlir. Beləliklə, demək olar ki, kəsilişin üst hissəsindəki qazladoyumlu zonalar əsasən palçıq vulkanları və tektonik qırılmalarla əlaqədardır.

Kəsilişin üst hissəsində baş verən ən mürəkkəb geoloji proseslərdən biri Azərbaycanda geniş yayılmış və Xəzərin dəniz dibinin morfologiyasının formalaşmasında xüsusl rola malik olan palçıq vulkanizmidir.

Məlum olduğu kimi, Xəzər dənizində palçıq vulkanları həm morfoloji cəhətdən, həm də yerləşmə sıxlığına görə qeyri-bərabər paylanmışdır. Palçıq vulkanları Bakı arxipelaqı, Apşeron arxipelaqı və digər sahələrin müasir dəniz dibi relyefinin formalaşmasında böyük rol oynayır.

Son vaxtlar dəniz dibi relyefdə hidrotexniki qurğuların qoyulması üçün təhlükəli ola biləcək sahələrin seçilməsi məqsədilə mühəndisi-geoloji-geofiziki tədqiqatlara tələbat artmışdır. Bura, ilk növbədə, həm fəaliyyətdə olan, həm də sönmüş vulkanların və onların püskürmə məhsullarının yayılma sahələrinin aşkarlanması və xəritəyə alınması aiddir. Palçıq vulkanlarının geniş yayıldığı rayonlarda kəsiliş az sıxlıqlı süxurların inkişafı, onların çatlılığı, yüksək parçalanma dərəcəsi və qazlılığı ilə xarakterizə olunur. Digər tərəfdən, palçıq vulkanları kəsilişin üst hissəsini təşkil edən süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin də dəyişməsinə təsir göstərir. Bura, əsasən, palçıq vulkanı məhsullarının geniş yayıldığı sahələrdə süxurların litofasial, tekstur, geokimyəvi, minereoloji və s. xüsusiyyətlərinin dəyişməsi aiddir (Гасанов, Ахмедов, 1996).

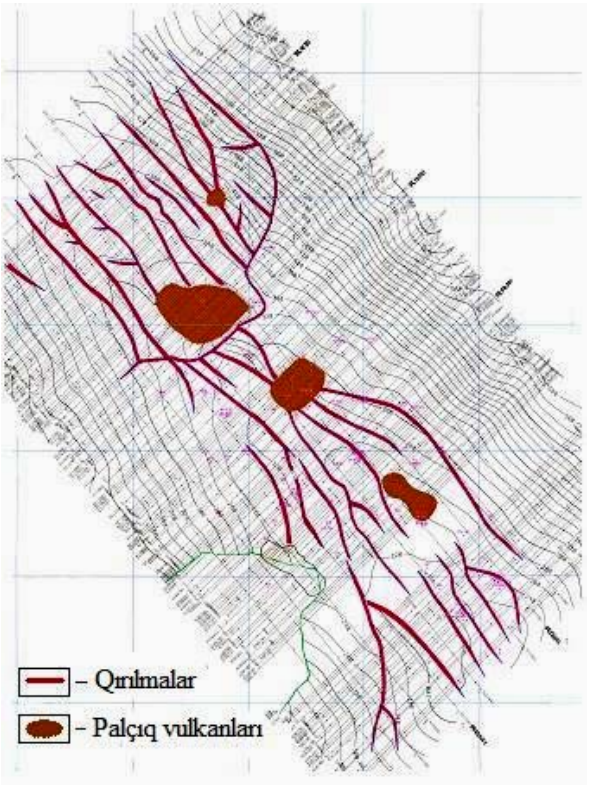


5-ci şəkil. Geokimyəvi tədqiqatlar əsasında tərtib edilmiş qazladoyumluluq xəritəsi

Palçıq vulkanı məhsulları müxtəlif, qeyri-bərabər paylanmış süxur qırıntılarından və az sıxlıqlı, özlüklü gilli kütlədən təşkil olunmuşdur. Öz növbəsində, bu gilli kütlə bir-birindən rənginə, yaşına və struktur xüsusiyyətlərinə görə fərqlənən süxurlardan ibarətdir. Püskürmə məhsulları sedimentasiya prosesində də müəyyən rola malikdir. Palçıq vulkanlarının yerləşdiyi sahələrdə müxtəlif litoloji tərkibə malik təbəqələrin litofasial dəyişkənliyi və kəsilişin normal ardıcıllığını pozan lay brekçiyasının formalaşması püskürmə məhsulları ilə əlaqədardir. Abşeron-Balxanyanı sahəsinin bir sıra qalxımlarında aparılmış mühəndisi-geoloji tədqiqatların nəticələri palçıq vulkanlarının inkişaf etdiyi ərazilərdə ayrı-ayrı MGE-nin (mühəndisi-geoloji elementlərin) qalınlığının kəskin artmasını göstərmişdir. Bu cür sahələr palçıq vulkanlarını əhatə etmiş və planda izometrik formaya malikdir. Qazıma məlumatları bu təbəqələrdə xüsusən axımlı, axımlı-plastik və yumşaq-plastik süxurların üstünlük təşkil etdiyini göstərmişdir (Абдулхакова, 1996). Beləliklə, dəniz dibi relyefdə ayrı-ayrı MGE-nin qalınlığının kəskin artdığı və planda izometrik formaya malik sahələri əminliklə palçıq vulkanı ağzının yerləşdiyi zonaya aid etmək olar.

Palçıq vulkanları ərazisində işlənmiş çoxsaylı seysmoakustik profilləmə materiallarının interpretasiyası vulkanların qırılmaların istiqamətinə təsiri faktını da aşkarlamağa imkan vermişdir. Məlum olmuşdur ki, palçıq vulkanları adətən qırılmaların maksimum olduğu sahələrə uyğun gəlir (6-cı şəkil). KÜH-də müşahidə olunan bu qırılmaları əmələgəlmə səbəblərinə görə iki yerə bölmək olar. Birincisi, bu qırılmalar Cənubi Xəzər çökəkliyinin müasir mərhələdə çökməsi ilə əlaqədardır, digər tərəfdən isə, dərində yatmış qırılmaların kəsilişin üst hissəsindəki təzahürüdür. Palçıq vulkanları ilə mürəkkəbləşmiş bir sıra strukturlarda bu qırılmaların palçıq vulkanlarına yaxınlaşdıqda öz istiqamətlərini dəyişərək vulkan ağzını əhatələdiyi qeyd olunmuşdur. Geofiziki məlumatlara əsasən, bəzi sahələrdə qırılmaların vulkan ağzına yaxınlaşdıqda istiqamətini dəyişə-

rək paylanması və sonradan tədricən birləşməsi qeyd olunmuşdur. Bu faktdan palçıq vulkanı ağzının dəqiq yerini proqnozlaşdırmaq üçün istifadə etmək olar. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, palçıq vulkanı varlığı heç də hər zaman qırılmaların bu cür davranışı ilə xarakterizə olunmur. Bu da palçıq vulkanı və qırılmaların müxtəlif zamanlarda formalaşdığını göstərir.



6-ci şəkil. Azəri-Çıraq-Günəşli sahəsində aparılmış seysmik kəşfiyyat işlərinin nəticəsinə əsasən qurulmuş struktur xəritə

Gördüyümüz kimi, palçıq vulkanizmi çox mürəkkəb geoloji prosesdir və onun KÜH-nin tektonikasına və onu təşkil edən süxurların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə təsiri böyükdür. Palçıq vulkanları ilə mürəkkəbləşmiş dəniz dibi sahələr bütün tip hidrotexniki qurğuların tikintisi və həmçinin qazıma işlərinin aparılması üçün əlverişli sayıla bilməz və bu, ilk növbədə, qeyd etdiyimiz kimi, palçıq vulkanlarının qırılmaların maksimum olduğu sahələrə uyğun gəlməsi, palçıq vulkanizmi prosesinin sürüşmələr və qaz çıxışları ilə müşayiət olunması ilə əlaqədardır. Bundan başqa, palçıq vulkanı məhsullarının yayıldığı sahələr az sıxlıqlı, özluklu gilli kütlələrdən və süxur qırıntılarından təşkil olunur ki, bu süxurlar da öz fiziki xüsusiyyətlərinə görə qurğuların ağırlığına tab gətirə bilməz.

Göründüyü kimi, hidrotexniki qurğuların təhlükəsiz istismarı üçün kəsilişin üst hissəsinin öyrənilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Xüsusən də son zamanlar kəşfiyyata və istismara verilən strukturların artması və bununla əlaqədar olaraq yeni-yeni müxtəlif tipli hidrotexniki qurğuların qurulması kəsilişin bu hissəsinə olan diqqətin artırılmasını tələb edir.

ƏDƏBIYYAT

АБДУЛХАКОВА, З.Н. 1996. Результаты комплексных структурно-картировочных, инженерно-геологических и геофизических работ, проведенных на площадях Азери, Чыраг. KGKTİ-nin fondu. Bakı.

ГАСАНОВ, Г.Ю., АХМЕДОВ, А.Г. 1996. Изучение азербайджанского опыта в области инженерной геологии морского дна на площадях Гюнешли, Чыраг, Азери. KGKTİ-nin fondu. Bakı.

Məqaləyə Azərbaycan MEA müxbir üzvü H.H.Quliyev rəy vermişdir

© R.Tələyi, 2009

RİYAZİ STATİSTİKA ÜSULLARI İLƏ SÜRÜŞMƏ TÖRƏDƏN AMİLLƏRİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ (HƏŞTÇİN REGİONU, ƏRDƏBİL VİLAYƏTİ, İRAN)

R.Tələyi

Baki Dövlət Universiteti, Geologiya fakültəsi
AZ1143, Z.Xəlilov küç., 23

Ərdəbil vilayətinin cənubında yerləşən Həştçin zonasında (şimali-qərbi İran) sürüşmələrlə amillərin kəmyyiət əlaqələri çoxdəyişənli reqressiya metodu vasitəsilə müəyyənləşdirilmişdir. Bu analizi həyata keçirmək üçün 40 dəyişəndən ibarət olan matrisa qurulmuşdur. Reqressiyanın addım-addım irəli gedən metodu əsasında analizdə geoloji, əsas qırılmalara qяdяr məsafə, enişliyin meyil dərəcəsi və istiqaməti, ərazinin istifadə növü, sürüşmələrin sahəsi və yayılması, il boyu düşən yağıntıların miqdarı, çayların və yolların uzunluğu, binaların sahəsi kimi məlumatlardan istifadə edilmişdir. Reqressiya əmsalları əsasında müəyyən olunmuşdur ki, ərazidə sürüşmələrin baş verməsində ən təsiredici amillər məntəqənin litoloji xüsusiyyətləri və ərazidən istifadə edilmədir. Ən çox sürüşmə hadisəsi miosen dövrünə aid gil və mergel formasiyaları və eosen dövrunə aid hidrotermal dəyişmiş süxurlarda baş vermişdir. Sürüşmələrin 36,75%-i bu formasiya süxurlarında baş veribdir. Statistik əmsal qiymətləri göstərir ki, litoloji və yerdən istifadə amilləri başqa amillərə nisbətən tənliyin quruluşuna daha çox təsir edir. ß əsasında yaradılmış reqressiya tənliyinin vasitəsilə Həştçin zonası yamaclarının sürüşmə hadisələrinə həssaslığı qiymətləndirilmişdir.

Giriş

İranın Ərdəbil vilayətinin Həştcin zonası Xalxal regionunda (coğrafi mövqeyi: şərq üzunluq dairəsi 48° 14″-dən 48° 44″-ə qədər və şimal en dairəsi 37° 06″-dən 37° 32″-ə qədər) yerləşir (şəkil). Həştçin zonasının 13% sahəsi sürüşmə və qəza təhlükəsinə məruz qalmaqdadır. Bu tədqiqat işi regionda sürüşmələrə səbəb olan amilləri öyrənmək, əldə olunan nəticələrin köməyi ilə infrastruktur planlarını həyata keçirilmək, kənd təsərrüfatı fəfəaliyyət sahələrini yaxşılaşdırmaq, torpaq ehtiyatlarını qoruyub saxlamaq, ekoloji problemlərin həlli və digər iqtisadi fəaliyyətlərdə istifadə etmək məqsədi ilə aparılmışdır.

Sürüşmələr və onlara səbəb olan amillərə dair bir çox tədqiqatlar aparılmışdır. Bunlardan Ənsari və Büllurçinin «Xalxal zonasındakı sürüşmələrin ümumi xüsusiyyətləri» (1995), həmin ildə Nikəndiş və Mirsaneyinin «Ərdəbil vilayətindəki sürüşmələrə bir baxiş» adlı tədqiqat işlərini göstərmək olar. Haşimi Təbatəbayi 1998-ci ildə region sürüşmələrinə səbəb olan amilləri tədqiq etmiş, Mora və Varson modelindən istifadə edərək təhlükə xəritəsini hazırlamışdır. 2000-ci ildə Urumiyeyi və Məhdəvifər faza metodu ilə Həştcin məntəqəsinin 1:250000 miqyaslı təhlükəlik xəritəsini tərtib etmişlər. Sürüşmə amillərinin müəyyənləşdirilməsi və onların baş verəcəyini proqnozlaşdırmağa imkan verən metodlardan biri də (son 15 il ərzində istifadə olunan metodlardan biri) riyazi statistika metodudur. Çoxdəyişənli statistik metodlar Jibson və Keefer (1988), Pike (1988), Carrara (1989), Carrara və əməkdaşları (1991), Anbalagan (1992), Maharaj (1993), Fatimi Əqda və əməkdaşları (2003) tərəfindən istifadə olunmuş və əldə olunan nəticələr əsasında təhlükə dərəcələrini göstərən xəritələr hazırlanmışdır. Gritzner və əməkdaşları 2001-ci ildə İdahonun Payette River məntəqəsinin Middle Fork hövzəsindəki sürüşmələrə səbəb olan amilləri Kaykvadrat analizindən istifadə edərək öyrənib və bu əsasda sürüşmə təhlükəsinə məruz qalan zonaları müəyyənləşdiriblər. Chung (2006) statistik Kay-kvadrat əmsallarından sürüşmələrə səbəb olan amilləri araşdırıb və onların baş verməsini praqnozlaşdırarkən istifadə edibdir. Komac (2006) sürüşmə amillərini multi-variant metodu ilə öyrənib və reqressiya əmsalları vasitəsilə yamacların sürüşmə potensialının müəyyənləşdirməsi üçün bir model təklif edib.

Aparılan tədqiqatlarda sürüşmə amilləri və onların sürüşmənin baş verməsindəki rolu statistik yollar və əsaslı təhlillərlə öyrənilməmişdir. Buna görə də təqdim olunan işin əsas məqsədi statistik multi-regressiya metodundan istifadə edərək region sürüşmələrindəki faktorları öyrənmək və onların hər birinin təsir dərəcəsini müəyyənləşdirməkdir.



Regionun Ərdəbil vilayətindəki yeri

Material və metodika

Tədqiqat aşağıdakı formada aparılmışdır:

- 1:50000 miqyaslı topografiya və 1:20000 miqyaslı hava fotoqrafiyalarından, eləcə də çöl əməliyyatından istifadə edərək 1:50000 miqyaslı sürüşmə areal xəritəsi tərtib edilmişdir. Daha sonra isə həmin xəritə və çöl əməliyyatlarından istifadə edilərək ərazi haqqında müxtəlif və əhəmiyyətli məlumatlar bazası hazırlanmışdır.
- Əslində, bir amil olan hər məlumat qatı cürbəcür xüsusiyyətlərə malikdir. Hər bir xüsusiyyət amilin subklası kimi (dəyişən) nəzərdə tutulur (misal üçün, hər bir enişlik amili haqqında yamacların hər bir enişlik sinifi bir subklas hesab olunmuşdur).
- Xəritələr bərabər sahələrə bölünür və hər bir kvadratı bir hücrə olaraq kodlaşdırılır. Unit hücrəsindəki hər bir amilin xüsusiyyətləri subklas sahəsi olaraq ölçülmüş, matris formasında qeyd edilmiş, əldə olunan matrislər isə statıstıka methodları vasitəsilə məlumat faylına verilmiş və Spss kompyüter proqramında analiz edilmişdir.
- Reqressiya hesablamalarında böyükhəcmli məlumatlar iştirak edir. Buna görə də səhv azalır. Asılı dəyişənin miqdarını müəyyənləşdirmək üçün bir sıra müstəqil dəyişənlərdən istifadə olunur (Draper və Smith, 1987).

Bir (sadə) və iki dəyişənli reqressiya:

Bu metodda bir asılı, yaxud meyar dəyişənin miqdarı aşağıdakı xətti tənlik vasitəsilə müəyyənləşdirilir:

$$y^{/} = b_o + b_1(X)$$

Burada: $y^{/}$ - müəyyənləşdirilmiş y-ə bərabərdir, b_1 – enişlik, yaxud reqressiya əmsalı adlanır, X-mustəqil dəyişənlər (proqnozlaşdırılanlar).

Çoxdəyişənli reqressiya:

Asılı, yaxud meyar dəyişənin (y) miqdarı iki və ya bir neçə müstəqil dəyişənlərin miqdarı (X_1, X_2, ..., X_p) vasitəsilə müəyyənləşdirilir. Hesablamanin xətti tənliyi aşağidakı şəkildədir:

$$y^{/} = b_0 + b_1(X_1) + b_2(X_2) + ... + b_p(X_P)$$

Burada: $b_1, b_2, ..., b_p$ reqressiya əmsalı, b_0 isə reqressiya sabitidir. Bu tənlik $y/X_1, X_2, ..., X_p$ soxdəyişənli reqressiya tənliyi adlanır.

Reqressiyanın qarşılıqlı əlaqə əmsalları:

Müstəqil dəyişənlərin (proqnozlaşdırılan) əmsalları 2-ci cədvəlin b sütununda verilmişdir. Həmin əmsallardan istifadə etməklə reqressiya tənliyini təxmin etmək olar. Həmçinin b əmsalı dəyişmələrin proqnozlaşdırılmasında istifadə olunur. Cədvəldə standart əmsallar (ß) "beta" kimi göstərilmişdir. Bu əmsalların vasitəsilə müstəqil dəyişənlərin asılı dəyişənlərə təsir dərəcəsini öyrənmək olur. Sonrakı sütunlar t- standart sınağının qiymətlərinə və onların əhəmiyyətli səviyyəsi olan Sig. ya p-miqdara aiddir. Bu da b və β əmsallarının əhəmiyyətini dəyərləndirmək üçün istifadə olunur.

b_0, b_2,.....,b_j əmsalarının hessablanmasında minimum kvadrat yollarından istifadə edilir.

$$S = \left[y - (b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_j x_j)\right]^2 = \min$$

Bu əmsalların hesablanması matrisa əsasında və sistematik formalarda həyata keçirilir. Əldə edilmiş məlumatlar bir n×(K+1) matris kimi nəzərdə tutulur və bu x adlı matrisanın (k+1) variantı (dəyişən) olur.

$$X=\begin{bmatrix} y_1 & x_{11} & \cdots & x_{1k} \\ y_2 & x_{21} & & x_{2k} \\ & \vdots & & \vdots \\ y_n & x_{n1} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

Bu matrisanın ilk sütunu ilk sətrə keçirilib x matrisinə vurulur və xx′ əldə edilir

$$X'X=\begin{bmatrix} y_1 & x_{11} & \cdots & x_{1k} \\ y_2 & x_{21} & & x_{2k} \\ & \vdots & & \vdots \\ y_n & x_{n1} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix} \times$$

$$\times\begin{bmatrix} y_1 & y_2 & \cdots & y_n \\ x_{11} & x_{21} & & x_{n1} \\ & \vdots & & \vdots \\ x_{1k} & x_{2k} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}=$$

$$=\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} y_i^2 & \sum_{i=1}^{n} x_{i1}y_i & \cdots & \sum_{i=1}^{n} x_{ik}y_i \\ \sum_{i=1}^{n} x_{i1}y_i & \sum_{i=1}^{n} x_{i1}^2 & & \sum_{i=1}^{n} x_{i1}y_{ik} \\ & \vdots & & \vdots \\ \sum_{i=1}^{n} x_{ik}y_i & \sum_{i=1}^{n} x_{i1}x_{ik} & \cdots & \sum_{i=1}^{n} x_{ik}^2 \end{bmatrix}$$

Bu matris simmetrik və həmişə müsbətdir. Bundan sonra təshih əmsallarının matrisi hesablanır:

xx′-CF=

$$=\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} y_i^2 & \sum_{i=1}^{n} x_{i1}y_i & \cdots & \sum_{i=1}^{n} x_{ik}y_i \\ \sum_{i=1}^{n} x_{i1}y_i & \sum_{i=1}^{n} x_{i1}^2 & & \sum_{i=1}^{n} x_{i1}y_{ik} \\ & \vdots & & \vdots \\ \sum_{i=1}^{n} x_{ik}y_i & \sum_{i=1}^{n} x_{i1}x_{ik} & \cdots & \sum_{i=1}^{n} x_{ik}^2 \end{bmatrix} -$$

$$-\begin{bmatrix} \frac{(\sum y_i)^2}{n} & \frac{(\sum y_i)(\sum x_{i1})}{n} & \cdots & \frac{(\sum y_i)(\sum x_{ik})}{n} \\ \frac{(\sum y_i)(\sum x_{i1})}{n} & \frac{(\sum x_{i1})^2}{n} & & \frac{(\sum x_{i1})(\sum x_{ik})}{n} \\ & \vdots & & \vdots \\ \frac{(\sum y_i)(\sum x_{ik})}{n} & \frac{(\sum x_i)(\sum x_k)}{n} & \cdots & \frac{(\sum x_{ik})^2}{n} \end{bmatrix}=$$

$$=\begin{bmatrix} [SP_{yy}=SS_{yy}] & [SP_{1y}\cdots SP_{ky}] \\ \begin{bmatrix} SP_{1y} \\ SP_{2y} \\ \vdots \\ SP_{ky} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} SP_{11}\ldots SP_{1k} \\ SP_{21}\ldots SP_{2k} \\ \vdots \\ SP_{k1}\ldots SP_{kk} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

xx′ matrisindən CF matrisini çıxanda əldə edilmiş matris müstəqil variantlarla asılı variantın variyasiyasını və kovariyasiyasını göstərir. Bu matrisin əsasında aşağıdakı iki matris qurulur:

$$g=\begin{bmatrix} SP_{1y} \\ SP_{2y} \\ \vdots \\ SP_{ky} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \vdots \\ g_k \end{bmatrix} \text{ və}$$

$$SP=\begin{bmatrix} SP_{11} & SP_{12}\ldots SP_{1k} \\ SP_{12} & SP_{22}\ldots SP_{2k} \\ & \vdots \\ SP_{1k} & SP_{2k}\ldots SP_{kk} \end{bmatrix}$$

b_j əmsalları bir matrisin sütun vektorunda göstərilə bilər:

$$b=\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix}$$

Minimum kvadrat vasitəsilə əldə edilmiş tənlik SP×b=g formada bir matrisdir ki, həmişə müsbət və $|SP| \neq 0$ olur. Əgər SP×b=g tənliyi sol tərəfdən SP matrisinin əksinə vurulsa (yəni SP-1):

$$b= SP\text{-}1 \times g$$

Bu formul əsasında bj əmsalları hesablanır və b0 (sabit əmsalın) hesablanmasında da aşağıdakı formuldan istifadə edilir:

$$b_0=\bar{y}-\sum b_j x_j$$

Müstəqil variantın (X_i) bir vahid artması asılı variantın (y) artmasına səbəb olur ki, onun artma miqdarı b_j əmsalları ilə əlaqədədir. Hər bir müstəqil və asılı variantın b_j əmsalı vasitəsilə əlaqəsinin təyin edilməsində başqa müstəqil variantların təsiri sabit qəbul edilir. Əgər bir çox dəiyşənli reqressyia tənliyinin bütün variantları

(dəiyşənləri) standart vəziyyətə çevrilərsə, tənliyin sabit əmsalı (b_0) aradan qaldırılır və hər bir yeni əmsal ß-nın çəkisi adlanaraq aşağıdakı formulla hesablanır:

$$b_{standart} = ß_i = b_i \frac{S_{xi}}{S_y}$$

Burda: S_{xi} və S_y tərtiblə müstəqil və asılı dəyişənlərdə standart uzaqlaşmaların miqdarlarıdır. b_j əmsalları əsasında asılı dəyişəni bir neçə müstəqil dəiyşənlər vasitəsilə proqnozlaşdırılır. Lakin ß əmsalları əsasında müstəqil dəiyşənlərin asılı dəiyşənlərə təsirinin dərəcəsi təyin edilir.

Neçə dəyişənin qarşılıqlı əlaqəsi r_{xy} ilə göstərilir. r_{xy}-in özünəməxsusluğu R ilə göstərilir. R-sadə və iki dəyişənli reqressiyada müstəqil və asılı dəyişənlərin qarşılıqlı əlaqəsini göstərir, həmin əmsal neçə dəyişənli reqressiyada y-la y' -in əlaqəsini təyin etmək üçün istifadə olunur. R^2 əmsalı bir neçə dəyişənli əlaqə kökü adlanır və xətti tənlikdən istifadə edərək R^2 miqdarı əsasında asılı dəyişənin variasiya faizini müstəqil dəyişənlərlə təyin etmək olar. R^2-nın miqdarının sərbəst dərcəsinin nizamlandırması ilə uyğunlaşdırılmış R^2 əmsalı hesablanır. Reqressiya tənliyinə müstəqil bir dəyişənin artıb-əskilməsi ilə uyğunlaşdırılmış R^2 miqdarı da ona uyğun azalır və ya çoxalır. Qarşılıqlı əlaqə əmsalı (R) müstəqil və asılı dəiyşənlərin münasibətinin dərəcəsini göstərir, amma R-ın kvadratı göstərir ki, asılı dəiyşənin variasıyasının neçə faizi reqressyia modelı ilə təyin edilir.

$$R = \sqrt{\frac{SS_{reg}}{SS_y}} = \eta_{y/x} = \text{Eta}$$

$$SS_{reg} = b'g = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & \dots & b_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} SP_{1y} \\ SP_{2y} \\ \vdots \\ SP_{ky} \end{bmatrix} =$$

$$= \sum_{j=1}^{k} b_j SP_{jy}$$

SSY üstdəki matrislərdə (xx′-CF) hesablanır və bir tənliyin bütün x_i (müstəqil) dəiyşənlərində bir sabit rəqəm olur.

Nəhayət, qeyd etmək lazımdır ki, hər bir amilin subklası bir müstəqil dəyişkən və sürüşmənin baş verməsi və ya verməməsi bir asılı dəyşən kimi nəzərə alınaraq reqressiya analizi aparılıb.

Nəticələrin müzakirəsi

Litoloji amil üçün R^2-nin qiyməti göstərir ki, sürüşmə baş verməsinə aid dəyişən variasiyasının 87,3%-i litologiyanın növü ilə əlaqədar xətti tənlik vasitəsilə müəyyənləşdirmək olar. Bütün litoloji növlərinə aid (perm-karbon əhəngdaşlarından başqa) reqressiya tənliyi sürüşmə baş verməsi ilə əhəmiyyətli dərəcədə əlaqədə olsa da, *ß*-nın qiyməti əsasında sürüşməyə təsir edən əsas litoloji tipləri aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar: miosenə aid gil konstruksiyalar, eosenə aid ovulmuş zonalar və dəyişikliklərə uğramış daşlar. Hərçənd bitki örtüyünun bütün növlərinə aid reqressiya tənliyi sürüşmə baş verməsilə əhəmiyyətli surətdə əlaqədardır, lakin ß-nın qiymətinə əsasən sürüşmələrə təsir edən bitki örtüyü növlərindən ən çöx təsiredici amil kimi əkin və bağ sahələrini nəzərdə tutmaq olar. Sürüşmə baş verməsinin variasiyasının 81,7%-i onun bitki örtüyü ilə xətti əlaqə vasitəsilə müəyyənləşdirmək olar. Əldə edilmiş məlumatlar göstərir ki, sürüşmə baş verməsinə aid dəyişən variasiyasının 73,9%-i onun əsas qırılmalarla xətti tənliyinin vasitəsilə müəyyənləşdirmək olar. Qırılmalarla məsafəyə aid reqressiya tənliyi sürüşmə baş verməsilə mənalı şəkildə əlaqədardır. Həmçinin ß qiymətinin də yüksək olduğuna görə (0,713) qırılma ilə məsafə dəyişəni ilə sürüşmə dəyişəni arasında da möhkəm bağlılıq vardır. Həmcinin enişlik siniflərinə aid reqressiya tənliyi sürüşmə ilə mənalı əlaqədədir. Lakin *ß* qiymətinə əsaslanaraq sürüşmələrə səbəb olan əsas amil siniflərini təsir dərəcəsinə görə III, II və IV sinif kimi nəzərdə tutmaq olar. İkinci dərəcəli təsir sahəsində I, V və IV sinifləri sürüşmələrin amili kimi təqdim etmək olar. Lakin ß qiymətlərinin müqayisəsindən aydın olduğu kimi, I qrup sürüşmələrə daha çox təsir edə bilir. Sürüşmələrin dəyişən variasiaysının 82,1%-i ərazinin enişlik sinifləri ilə müəyyənləşdirmək olar. Müxtəlif istiqamətli enişlik siniflərinə aid reqressiya tənliyi sürüşmələrlə mənalı olaraq əlaqədardır, və ß-nin qiyməti əsasında sürüşməyə səbəb olan əsas amil qurupları şimal istiqamətli enişlik və nisbətən saf (enişsiz) zonalardır. Müxtəlif enişlik istiqamətinə aid ß-

nın qiymətləri göstərir ki, qiymətlərin arasındakı fərq az olduğuna görə onun hesablanması digər amillərlə müqayisədə daha az əhəmiyyətə malikdir.

Beləliklə, sürüşməyə aid dəyişən variasiyanın 81,4%-ini regionda müxtəlif enişlik istiqamətilə müəyyənləşdirmək olar. İllik yağıntıya aid reqressiya tənliyi sürüşmələrlə sıx əlaqədədir, ß-nın qiyməti isə yağıntıyla sürüşmələr arasında çox zəif bağliliği göstərir. Sürüşmələrə aid dəyişən variasiayanın təkcə 0,3%-ini onların yağıntı miqdarı vasitəsilə müəyyənləşdirmək olar. ß-ın qiyməti yollar və çayların uzunluğu ilə sürüşmə arasındakı bağlılığın zəif olduğunu göstərir. Belə ki, sürüşmələrə aid dəyişən variasiaynın miqdarı 0,3%-dir. Tikintilərin sahəsi üçün R^2–nin qiyməti göstərir ki, sürüşmələrə aid dəyişən variasiyanın 0,2%-i binaların sahəsilə əlaqəsi vasitəsilə müəyyənləşdirmək olar. Binaların sahəsinə aid reqressiya tənliyi sürüşmələrlə sıx əlaqədədir, ß-nın qiyməti isə tikinti amili ilə sürüşmələr arasında çox zəif bağlılığın olduğunu göstərir. Tədqiqatlar göstərir ki, təqribən bütün müstəqil dəyişənlərdəki hər bir amilə aid reqressiya tənliyi asılı dəyişənlər, sürüşmələrin baş verməsi ilə sıx əlaqədədir. Ümumi tənliyi təyin etmək üçün müstəqil dəyişənlər addım-addım irəli getmə metodu ilə hesablamalara daxil edilmişdir. Bunun nəticəsi 1-ci cədvəldə göstərilmişdir. Bu cədvəlın əmsalları əsasında Həştçin zonasındakı sürüşmələrin 93,6 faizi ilə dəyişənlərin əlaqəsi sübuta yetirilir.

2-ci cədvəldəki b sütunu reqresiya tənliyinin əmsallarını göstərir. Bu da onların miqdarını nəzərə almaqla reqressiya tənliyini yazmağa imkan verir. Sig. sütununun miqdarları əsasında 44 dəyişənin 28-dən tənliyin bərpa olmasında istifadə etmək olar, çünki onların tənliyə daxil olması müstəqil dəyişənlərlə asılı dəyişən arasında sıx əlaqəni göstərir. Multireqressiya tənliyi B əmsalı əsasında aşağıdaki formada yazılır:

$$y^{/} = b_0 + b_1(X_1) + b_2(X_2) + ... + b_p(X_P)$$

1-ci cədvəl

Bütün dəyişənlərin reqressiya tənlıyinə daxil olması və onun əsasındakı hesablanmış əmsalların nəticəsi

Model	R	R^2	Uyğunlaşdırılmış R^2	Təxmini standart səhvi
Multi-reqressiya	0,967	0,936	0,935	0,0169

2-ci cədvəl

Reqressiya modelınə daxil olunmuş müstəqil dəyişənlərin adları, işarələri və hesablanmış əmsalları

İşarələr	Müstəqil dəyişənlər	b əmsalı	Beta əmsalı	t- sınağı	Sig.- Mənalı səviyyə
1	2	3	4	5	6
-	sabit	-0,002	-	-6,093	0,000
X15	Əkin ərazisi	0,238	0,200	16,994	0,000
X13	Otlaqlar	0,201	0,108	13,175	0,000
X16	Bağlar	0,204	0,052	9,792	0,000
X18	Qırılma məsafəsi: 2-4 km	0,025	0,151	26,938	0,000
X19	Qırılma məsafəsi: 4-6 km	0,013	0,133	25,420	0,000
X20	Qırılma məsafəsi: 6-8 km	0,012	0,111	22,110	0,000
X22	Qırılma məsafəsi: 10-12 km	0,007	0,091	17,804	0,000
X21	Qırılma məsafəsi: 8-12 km	0,007	0,079	15,798	0,000
X9	Bazalt və andezit qatları ilə ayrılan göy rənglı tuf və tufitlər	-0,067	-0,009	-2,041	0,041
X31	30-60% enişlikər	-0,261	-0,065	-14,488	0,000
X11	İntensiv hidrotermal dəyişməsi	0,647	0,287	40,087	0,000
X3	Gil və mergel daşları	0,588	0,367	40,724	0,000
X4	Ovxalanmış andezitlər	0,584	0,226	36,676	0,000
X2	Konqlomerat, qumdaşı, silt və gil daşları	0,619	0,170	31,020	0,000

2-ci cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6
X8	Tuf və andezit	0,427	0,169	26,760	0,000
X12	Orta və zəif hidrotermal dəyişmə zonası	0,564	0,117	23,448	0,000
X6	Andezit, andezit-bazalt, dassit	0,461	0,070	15,213	0,000
X1	Allüvialar və müasir çöküntülər	0,642	0,063	14,523	0,000
X5	Andezit- bazalt lavalar və datsit	0,547	0,061	13,646	0,000
X24	Qırılma məsafəsi: 14-16 km	0,012	0,040	9,513	0,000
X17	Qırılma məsafəsi: 0-2 km	0,043	0,032	7,831	0,000
X23	Qırılma məsafəsi: 12-14 km	0,005	0,020	4,988	0,000
X41	Cənub-qərb istiqaməti	-0,079	-0,035	-6,828	0,000
X7	Qalın qatlı andezitlər	0,316	0,021	4,840	0,000
X40	Cənub-şərq istiqaməti	-0,087	-0,028	-5,991	0,000
X27	0-5% enişlikər	-0,052	-0,017	-3,535	0,000
X36	Şərq istiqaməti	-0,106	-0,017	-3,903	0,000
X25	Qırılma məsafəsi: 18-20 km	0,006	0,014	3,408	0,001
X35	Cənub istiqamətı	-0,052	-0,015	-3,346	0,001
X33	Müəyyən istiqamətı olmayan	-0,042	-0,023	-3,544	0,000
X26	Qırılma məsafəsi: >20 km	0,003	0,011	2,777	0,006
X28	5-10% enişlikər	0,023	0,013	2,141	0,032

$y^{/}$ = -0,002+0,238×X15+0,201×X13+0,204×
×X16+0,025×X18+0,013×X19+ 0,012×
×X20+0,007×X22+ 0,007×X21-0,067×
×X9-0,261×X31+ 0,647×X11+0,588×
×X3+0,584×X4+0,619×X2+0,427×X8+0,564×
×X12+ 0,461×X6+ 0,642×X1+0,547×
×X5+0,012×X24+0,043×X17+0,050×
×X23-0,079×X41 +0,316×X7-0,087×
×X40-0,052×X27-0,106×X36+0,006×
×X25-0,052×X35-0,042×X33+0,003×
×X26+0,023×X28

Bu tənlikdə asılı dəyişənlərin miqdarı ($y^{/}$ - sürüşmələrin baş verməsi) proqnozlaşdırılsa da, əmsallar müstəqil dəyişənlərin (litoloji növü və bitki örtüyü) nisbi əhəmiyyətini dərk etmək üçün əlverişli deyil, bunun üçün ß əmsallarından istifadə olunur.

$$y^{/} = b_0 + b_1(X_1) + b_2(X_2) + ... + b_p(X_P)$$

y'=0,200×X15+0,108×X13+0,052×
×X16+0,151×X18+0,133×X19+0,111×
×X20+ 0,091×X22+0,079×X21-0,009×
×X9-0,065×X31+0,287×X11 +0,367×
×X3+0,226×X4+0,170×X2+0,169×X8+0,117×
×X12+0,070×X6+0,063×X1+0,061×
×X5+0,040×X24+0,032×X17+0,020×
×X23-0,035×X41+0,021×X7-0,028×
×X40-0,017×X27-0,017×X36 +0,014×
×X25-0,015×X35-0,023×X33 +0,011×
×X26+0,013×X28

Bu tənliyin əsasında hər bir xanada (625 m²-dən 0,25 km²-qədər) sürüşmənin sahəsini proqnozlaşdırmaq olar.

Nəticə

Stratiqrafiya baxımından regiondakı süxur qrupları dörd qrupda ümumiləşdirilir: eosendən əvvəlki süxur formasiyaları, eosen dövrünə aid maqmatik ekstriziv daşlar, neogen dövrünə aid çöküntülər və IV dövr və müasir dövrdə təşkil olumuş çöküntülər. Sürüşməyə məruz qalmış şəbəkə xanələrinin sayı göstərir ki, ən çox sürüşmə miosen dövrünə aid olan gil və mergel formasiyalarında və eosen dövrunə aid hidrotermal dəyişmiş süxurlarda baş vermişdir. Miosenin gilli formasiyalarının (Ng^1) 34 faizi və hidrotermal dəyişmiş zonalarının (a) 57 faizi sürüşməyə məruz qalmışdır. Bu da digər sahələrlə müqayisədə diqqəti cəlb edir. Beləliklə, reqressiya hesablarına əsasən belə bir nəticə çixarmaq olar ki, region sürüşmələrini proqnozlaşdırmaq üçün litologiya ən mühüm və ən əlverişli amildir. Gil minerallarına malik olan torpaqlarda rütubət artdiqca və torpaq suvarıldıgca torpaq özəl mexaniki xüsusiyyət kəsb edərək mürəkkəb dəyşikliklərə məruz qalıb şişir, yapışqanlığını itirir və nəhayət, sürüşmə hadisəsi baş verir (Sherard və əməkdaşları, 1977). Yamaclarda suyun artması ilə gil

minerallarının qatları aralanır, şişir və torpağın kəsilməyə qarşı müqaviməti azalaraq yamac hərəkətlərinə səbəb olur (Gromoko, 1974). Ümumiyyətlə, 5 dərəcədən az mailliyi olan yamaclarda gil torpaqların qabarıb sıxılması binalarda, bağlarda və əkin sahələrində pozulmalara səbəb olur, 5 dərəcədən çox maillikdə isə yamacların hərəkətinə və nəhayət, ümumi torpaq sürüşmələrinə gətirib çıxarır (Hant 1984). İnsanların mühəndisi müdaxiləsi həmin ərazilərdə sürüşmələri sürətləndirir. Çayın oyub yarğan yaratdığı, yaxud insan müdaxiləsinə məruz qalan yamaclarda sürüşmə ehtimalı artır. Deməli, yeni sürüşmələrin qarşısını almaq və yamacları stabilləşdırmək üçün birinci növbədə gillərin su ilə doymasının qarşısını almaq və çayların törədə biləcəyi neqativ fəaliyyətin miqyasını azaltmağa çalışmaq lazımdır. Region sürüşmələrinə təsir edən amillərin miqdarını müəyyənləşdirməklə, Gritzner (2001) modeli kimi, GIS (Geographical Information System) metodu ilə təhlükə zonalarını müəyyən etmək, yaxud da Komac (2006) modeli kimi, yamacların sürüşməyə qarşı həssaslığını müəyyənləşdirmək olar. Regionun şəraitini nəzərə alaraq, yamac hərəkətlərini nəzarət altına almaq üçün aşağıdakı metodlar təklif edilir:

- otlaqların və meşəliklərin bərpası və genişləndirilməsi;
- ərazidə gilli torpaq məntəqələrində yerüstü və qurunt suları üçün kanalızasiya şəbəkələrinin yaradılması;
- əkin sahələrində suvarma sisteminin yaxşılaşdırılması və bu sahələrin uzun müddət suvarılmaması;
- kiçikmiqyaslı silindirik sürüşmələri konkret təşəbbüslərlə, o cümlədən pəncə və daban hissəsinin çəkisini çoxaltmaq, sürüşən hissənin torpağını götürmək, enişlikləri yeknəsəq etməklə nəzarətə almaq olar. Hər cür qurğuların yaradılması və makroiqtisadi plan regionun geoloji şəraiti nəzərə alınmaqla mühəndislik prinsiplərinə əsaslanaraq həyata keçirilməsi.

ƏDƏBIYYAT

ƏNSARI, F., BÜLLURÇI, M. C. 1995. Ərdəbil vilayətindəki sürüşmələr. İranin Geoloji Təşkilati. 46.

FATIMI ƏQDA, S. M., QƏYYUMIYAN, C., EŞQLI-FƏRAHANI, Ə. 2003. Sürüşmələrin potensialının təyin edilməsində statistika metodlarının qiymətləndirməsi, *Geoscince,* İranın Geologiya Təşkilatı, Tehran, 47 və 48, 28-47.

HAŞIMI TƏBATƏBAYI, S. 1998. Ərdəbil vilayətinin bir hissəsində sürüşmələrin təhlükəsi əsasında zonalara bölünməsi. *Bina və Şəhərduzəldən nazirlik*, Tehran, 1 və 2, 72.

NIKƏNDIŞ, N., MIRSANEIY, R. 1995. Ərdəbil vilayətindəki sürüşmələrə bir baxiş. Cihad Kəşavərzi Nazirliyinin Abxizdari idarəsi, 63.

ANBALAGAN, R. 1992. Landslide hazard evolution and zonation mapping in mountainous terrain. *Eng. Geol*., 32, 269-277.

CARRARA, A. 1989. Landslide hazard mapping by statistical methods: a "black box" model approach. In: *Proc., Int. Workshop on Natural Disasters in European-Mediterranean Countries*. C.D.S., Genova, 205-224.

CARRARA, A., CARDINALI, M., DETTI, R., GUZZETI, F., PASQUI, V., REICHENBACH, P. 1991. GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. *Earth Surf. Processes Landforms*, 16, 427-445.

CHUNG, C.J. 2006. Using likelihood ratio functions for modeling the conditional probability of occurrence of future landslides for risk assessment. *Computers and geosciences*, 32, 1052-1068.

DRAPER, N. and SMITH, H. 1987. Applied regression analysis. John Wily and Sons. 949.

GRITZNER, M.L., MARCUS, W.A., ASPINALL, R., CUSTER, S.G. 2001. Assessing landslide potential using GIS, soil wetness modeling and topographic attributes, Payette River, Idaho. *Geomorphology*, 37, 149-165.

GROMKO, G.J. 1974. Review of expansive soils. *Journal of the geotechnical engineering*, ASCE, 100, gt6, 667-687.

HUNT, R.E. 1984. Geotechnical engineering investigation manual. Mc-Graw hill, 896.

JIBSON, R. W., KEEFER, D. K. 1988. Statistical analysis of factors affecting landslide distribution in the New Madrid seismic zone, Tennessee ana Kentucky. In: *Richard H. Johns Memorial Volume, Eng. Geol.,* 27, 509-542.

KOMAC, M. 2006. A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariante statistics in the perialpine Solvenia. *Geomorphology,* 74, 17-28.

MAHARAJ, R. J. 1993. Landslide processes and landslide susceptibility analysis from an upland watershed: a case study from St. Andrew, Jamaica, West Indies. *Eng. Geol*., 34, 53-79.

PIKE, R. J. 1988. The geometric signature: quantifying landslide terrain type from digital elevation models. *Math. Geol*., 20, 491-511.

SHERARD, G.I., DUNNIGAN, L.P., DECHER, R.S. 1977. Some engineering problems with dispersive clay. *ASTM STP*, 623, 3-12.

UROMEIHY, A., MAHDAVIFAR, M. R. 2000. Landslide hazard zonation of the Khorshrostam area, IRAN. *Bull. Eng. Geol. Env*., 58, 207-213.

Məqaləyə g.-m.e.d. Ş.Ə.Babayev rəy vermişdir

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

© М.Т.Абасов, З.Я.Аббасов, Х.А.Фейзуллаев, 2009

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНДЕНСАТООТДАЧИ ГАЗОКОНДЕНСАТНОЙ ЗАЛЕЖИ ПО ДАННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

М.Т.Абасов, З.Я.Аббасов, Х.А.Фейзуллаев

Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А

Усовершенствована методика определения коэффициента конденсатоотдачи залежи, используя начальные данные разработки и pVT свойства флюидов. Для этого предложено новое выражение, которое позволяет по известным значениям плотности, вязкости, содержания конденсата в газовой фазе и насыщенного конденсата определить фазовое соотношение конденсата и газа.

При экспериментальном и расчетном определении коэффициента извлечения конденсата из газоконденсатной залежи при традиционном подходе исходят из предположения, что из пласта отбирается только газовая фаза с растворенным в газе конденсатом. При этом движением свободного жидкого в пластовых условиях конденсата и возможностью его одновременного с газовой фазой отбора пренебрегают (Николаевский и др.,1968; Брусиловский, 1985; Гуревич, Брусиловский, 1988 и др.). Такое допущение вполне приемлемо для условий, в которых максимальная конденсатонасыщенность пласта не превышает порог гидродинамической подвижности. А для залежей с высоким содержанием C_{5+} в пластовом газе, особенно в области давлений максимальной конденсации, конденсатонасыщенность может достигать порога гидродинамической подвижности, при котором будет иметь место двухфазная фильтрация газоконденсатной смеси в пласте (Брусиловский, 1985; Закиров и др.,1988; Брусиловский, 2002; Abasov və b., 2008 и др.).

Для оценки коэффициента конденсатоотдачи залежи известны различные методы (Абасов, Оруджалиев,1989; Брусиловский, 1985; Гуревич и др., 1988; Брусиловский, 2002 и др.). В одном случае конденсатоотдача залежи в начале ее вступления в разработку определяется, исходя из результатов физико-химических и термодинамических исследований свойств флюидов. В частности, в (Брусиловский, 2002) эта задача решается по аналогии с дифференциальной конденсацией при pVT исследованиях. Здесь форма определения относительных фазовых проницаемостей выбирается на основании эмпирических определений (Nikravesh, Soroush, 1996; Ceragioli, Masserano, 1998; Asar, Handy, 1998). При этом фазовое соотношение в системе рассчитывается на основании уравнений состояния, которые имеют ряд ограничений по давлению (Аббасов, 1993), что вносит определенную погрешность в результаты анализа. В другом случае, на основании данных эксплуатации залежи осуществляется адаптация гидродинамической модели к истории ее разработки. При этом по выбранной форме одновременно для газовой и жидкой фазы определяется относительная фазовая проницаемость. Затем рассчитываются показатели разработки залежи с использованием одной из известных гидродинамических моделей, например, бинарной (Абасов, Оруджалиев, 1989; Abasov və b., 2008).

В настоящей статье в отличие от предыдущих используется уравнение состояния, охватывающее более высокие значения давлений и более правильно учитывающее физико-химические процессы, происходящие при наличии более высокого содержания газового конденсата. Для повышения точности расчетов были использованы также эксплуатационные

данные действующих скважин в процессе их работы, а также условия фильтрации газоконденсатной смеси. В последующем проведенные расчеты позволили дать им оценку.

Для этой цели уравнение фазовых концентраций двухфазных многокомпонентных смесей в дифференциальной форме записано в следующем виде (Брусиловский, 2002):

$$\frac{d}{dt}\left[V_m\left(\rho_{\tilde{a}}(1-S)y_i+\rho_k S\tilde{o}_i\right)\right]= \\ =-Q_k\cdot x_i-Q_{\tilde{a}}y_i,\ i=\overline{1,N} \qquad (1)$$

где V_m – объем пор, занятый углеводородной смесью; S – насыщенность конденсатом; y_i и x_i – мольные доли i-го компонента в газовой и жидкой фазах; $Q_г$ и Q_k – дебиты газа и конденсата, отбираемых из пласта скважинами.

Дебиты газа и конденсата по времени равняются :

$$Q_г(t)==\rho_г V_г F,\ Q_k(t)==\ \rho_k V_k F\ ,$$

где $V_г$, V_k и $\rho_г, \rho_k$ – скорости и плотности газа и конденсата; F – площадь поперечного сечения поверхности фильтрации жидкости и газа.

Учитывая , что $\frac{Q_г(t)}{Q_к(t)}=\frac{f_г(s)\rho_г\mu_к}{f_k(s)\rho_k\mu_г}$, из (1) получим:

$$\frac{d}{dt}\left[V_m\left((1-S\ )\rho_{\tilde{a}}y_i+S\ \rho_k\tilde{o}_i\right)\right]= \\ =-Q_{\tilde{a}}(t)\left(y_i+x_i\frac{f_k(s)\rho_k\mu_{\tilde{a}}}{f_{\tilde{a}}(s)\rho_{\tilde{a}}\mu_k}\right),\ i=\overline{1,N} \qquad (2)$$

где $f_г, f_k$ и $\mu_г, \mu_k$ – относительные фазовые проницаемости и вязкости газа и конденсата соответственно.

Система уравнений (2) интегрируется при следующих начальных условиях:

$$P(t)\Big|_{t=0}=P_0;\quad S(t)\Big|_{t=0}=S_0;$$

$$y_i(t)\Big|_{t=0}=y_{i0};\quad i=\overline{1,N-2}. \qquad (3)$$

Система (2), состоящая из N уравнений, содержит N неизвестных $y_1, y_2,..., y_{N-2}, p, s$ переменных, которые определяются из системы обыкновенных дифференциальных уравнений :

$$\begin{pmatrix} \frac{dy_1}{dt} \\ \frac{dy_2}{dt} \\ \dots \\ \frac{dy_{N-2}}{dt} \\ \frac{dp}{dt} \\ \frac{ds}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{1,1}\ \dots\ a_{1,N} \\ a_{2,1}\ \dots\ a_{2,N} \\ \dots\dots\dots\dots \\ a_{N-2,1}..a_{N-2,N} \\ a_{N-1,1}..a_{N-1,N} \\ a_{N,1}\ \dots\ a_{N,N} \end{pmatrix}^{-1} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} -Q_{\tilde{a}}(t)(y_1+\tilde{o}_1\frac{f_k(s)\rho_k\mu_{\tilde{a}}}{f_{\tilde{a}}(s)\rho_{\tilde{a}}\mu_k})/V_m \\ -Q_{\tilde{a}}(t)(y_2+\tilde{o}_2\frac{f_k(s)\rho_k\mu_{\tilde{a}}}{f_{\tilde{a}}(s)\rho_{\tilde{a}}\mu_k})/V_m \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ -Q_{\tilde{a}}(t)(y_{N-2}+\tilde{o}_{N-2}\frac{f_k(s)\rho_k\mu_{\tilde{a}}}{f_{\tilde{a}}(s)\rho_{\tilde{a}}\mu_k})/V_m \\ -Q_{\tilde{a}}(t)(y_{N-1}+\tilde{o}_{N-1}\frac{f_k(s)\rho_k\mu_{\tilde{a}}}{f_{\tilde{a}}(s)\rho_{\tilde{a}}\mu_k})/V_m \\ -Q_{\tilde{a}}(t)(y_N+\tilde{o}_N\frac{f_k(s)\rho_k\mu_{\tilde{a}}}{f_{\tilde{a}}(s)\rho_{\tilde{a}}\mu_k})/V_m \end{pmatrix}, \qquad (4)$$

где $a_{i,N}=\rho_k x_i-\rho_г y_i,\ i=\overline{1,N}$;

$$a_{i,N-1}=\frac{\partial\rho_г}{\partial p}(1-s)y_i+\frac{\partial\rho_k}{\partial p}sx_i+\frac{\partial x_i}{\partial p}s\rho_k,$$
$$i=\overline{1,N-2};$$

$$a_{i,j}=\frac{\partial\rho_ã}{\partial y_j}(1-s)y_i+\frac{\partial\rho_k}{\partial y_j}sx_i+\frac{\partial x_i}{\partial y_j}s\rho_k+$$
$$+\delta_{i,j}\rho_ã(1-s),\quad i,j=\overline{1,N-2};$$

$$a_{N-1,j}=\frac{\partial\rho_ã}{\partial y_j}(1-s)y_{N-1}+\frac{\partial\rho_k}{\partial y_j}sx_{N-1}+$$
$$+\frac{\partial x_{N-1}}{\partial y_j}s\rho_k+\frac{\partial y_{N-1}}{\partial y_j}\rho_ã(1-s),\quad j=\overline{1,N-2};$$

$$a_{N,j}=\frac{\partial\rho_ã}{\partial y_j}(1-s)y_N+\frac{\partial\rho_k}{\partial y_j}sx_N+$$
$$+\frac{\partial x_N}{\partial y_j}s\rho_k+\frac{\partial y_N}{\partial y_j}\rho_ã(1-s),$$

$$a_{N-1,N-1}=\frac{\partial\rho_ã}{\partial p}(1-s)y_{N-1}+$$
$$+\frac{\partial y_{N-1}}{\partial p}\rho_ã(1-s)+\frac{\partial\rho_k}{\partial p}sx_{N-1}+\frac{\partial x_{N-1}}{\partial p}s\rho_k,$$

$$a_{N,N-1}=\frac{\partial\rho_ã}{\partial p}(1-s)y_N+\frac{\partial y_N}{\partial p}\rho_ã(1-s)+$$
$$+\frac{\partial\rho_k}{\partial p}sx_N+\frac{\partial x_N}{\partial p}s\rho_k,\quad \delta_{i,j}=\begin{cases}0 & \text{ïðè } i=j\\ 1 & \text{ïðè } i\neq j\end{cases}$$

При расчете элементов $a_{i,j}$ необходимо знать значения частных производных зависимых переменных $\rho_г,\rho_k,y_{N-1},y_N,x_1,...,x_N$ по независимым переменным $p,y_1,y_2,...,y_{N-2}$ в условиях термодинамического равновесия. Для этого решается система уравнений (Аббасов, 1993):

$$F_i=f_i^{ã}(p,T,\rho_V,y_1,...,y_N)-$$
$$-f_i^{k}(p,T,\rho_L,x_1,...,x_N)=0,\ i=\overline{1,N};$$

$$F_{N+1}=F(p,T,\rho_V,y_1,...,y_N)=0,$$
$$F_{N+2}=F(p,T,\rho_V,x_1,...,x_N)=0,$$
$$F_{N+3}=\sum_{j=1}^{N}y_j-1=0,\ F_{N+4}=\sum_{j=1}^{N}x_j-1=0. \quad (5)$$

Первые N уравнений системы (5) описывают условия термодинамического равновесия – равенство летучестей каждого компонента смеси в сосуществующих паровой и жидкой фазах. Затем следует уравнение состояния и замыкающие соотношения для молярных концентраций компонентов в фазах.

В работах (Закиров и др.,1988; Абасов и др., 2006 и др.) подробно описан алгоритм расчета парожидкостного равновесия, поэтому он здесь не приводится.

Используя условия постоянства газоконденсатных факторов вдоль линии тока в любой момент времени (Абасов, Оруджалиев, 1989), определяем отношения относительных фазовых проницаемостей конденсата к газу следующим образом.

Вначале определяем значения газоконденсатного фактора в условиях забоя скважины (P_c, T_c) :

$$\tilde{A}_ô=\frac{Q_ã}{Q_k}=\frac{[\rho_ãV_ã+\rho_kV_kS_k(P_ñ,z_1,z_2,...,z_N)]F}{[\rho_kV_k+\rho_ãV_ãC(P_ñ,z_1,z_2,...,z_N)]F}=$$
$$=\frac{\frac{\rho_ã}{\mu_ã}+\frac{\rho_k}{\mu_k}\frac{f_k(s)}{f_ã(s)}S_k(P_ñ,z_1,z_2,...,z_N)}{\frac{\rho_k}{\mu_k}\frac{f_k(s)}{f_ã(s)}+\frac{\rho_ã}{\mu_ã}\tilde{N}(P_ñ,z_1,z_2,...,z_N)}. \quad (6)$$

Затем определяем значения газоконденсатного фактора при P, T

$$\tilde{A}_ô=\frac{Q_ã}{Q_k}=$$
$$=\frac{\rho_ã\frac{kf_ã(s)}{\mu_ã}qradP*F}{\rho_k\frac{kf_k(s)}{\mu_k}qradP*F}=\frac{\rho_ã}{\rho_k}\frac{\mu_k}{\mu_ã}\frac{f_ã(s)}{f_k(s)}. \quad (7)$$

Используя постоянство газоконденсатного фактора вдоль линии тока в произволь-

ном времени, определяем отношение фазовой проницаемости конденсата к газовой как:

$$\frac{f_k(s)}{f_{\tilde{a}}(s)} = \frac{\mu_k}{\mu_{\tilde{a}}} \frac{\rho_{\tilde{a}}}{\rho_k} \sqrt{\frac{\tilde{N}(\overline{p}, z_1, z_2, ..., z_N)}{S_k(\overline{p}, z_1, z_2, ..., z_N)}}, \quad (8)$$

где $S_k(\overline{p}, z_1, z_2, ..., z_N)$ – содержание растворенного в конденсате газа; $C(\overline{p}, z_1, z_2, ..., z_N)$ – потенциальное содержание конденсата в газовой фазе; $\overline{p}$, s – среднее давление и конденсатонасыщенности вдоль линии тока; z_i – компонентный состав смеси.

Таким образом, имея информацию о величине плотности, вязкости, мольной доли каждой равновесной фазы, коэффициентов $a_{i,j}$ и отношении относительных фазовых проницаемостей конденсата и газа, входящих в правую часть нормальной системы N-го порядка (4), можно получить решение системы процесса истощения газоконденсатной залежи.

Изложенный подход позволяет определить динамику коэффициента извлечения конденсата с изменением давлений по формулам:

$$\eta_{к.и} = \frac{\int_0^T Q_{к.т}(t)\,dt}{Q_{з.к}^{(н)}} \text{ или}$$

$$\eta_{к.и}^{(j+1)} = 1 - \frac{Q_{к.т}^{(j+1)}}{Q_{з.к}^{(н)}},$$

$$Q_{ç.ê}^{(i)} = V_m^{(i)} \times \times \left[s^{(i)} \frac{\rho_k^{(i)}}{\rho_{ê,àòì}} + (1 - s^{(i)}) \frac{z_{C_{5+}}^{(i)} M_{C_{5+}}^{(i)}}{24040} \frac{\rho_{\tilde{a}}^{(i)}}{\rho_{\tilde{a},àòì}} \right],$$

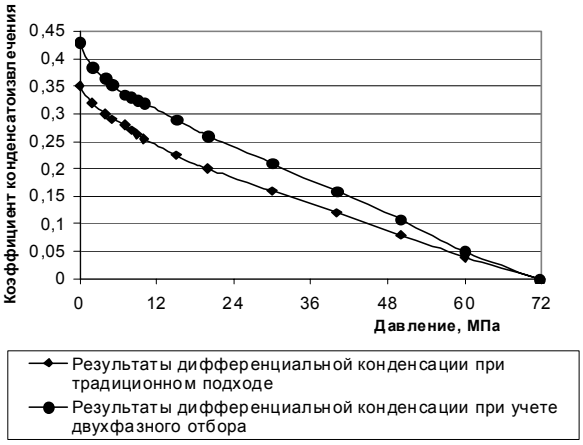
$$Q_{.ê.ò}^{(j+1)} = V_m^{(j+1)} \times \times \left[s^{(j+1)} \frac{\rho_k^{(j+1)}}{\rho_{ê,àòì}} + (1 - s^{(j+1)}) \frac{z_{C_{5+}}^{(j+1)} M_{C_{5+}}^{(j+1)}}{24040} \frac{\rho_{\tilde{a}}^{(j+1)}}{\rho_{\tilde{a},àòì}} \right],$$

$$Q_{.ê.ò} = V_m \times \times \frac{d}{dt} \left[s \frac{\rho_k}{\rho_{ê,àòì}} + (1 - s) \frac{z_{C_{5+}} M_{C_{5+}}}{24040} \frac{\rho_{\tilde{a}}}{\rho_{\tilde{a},àòì}} \right],$$

где $z_{C_{5+}}$ – мольная доля C_{5+} в составе газоконденсатной смеси; $M_{C_{5+}}$ – молярная масса группы C_{5+} ; T – время разработки залежи; j – значения переменных в конце j-го этапа снижения давления.

На основе указанного алгоритма были проведены численные эксперименты процесса разработки газоконденсатной залежи в режиме истощения для V блока VII горизонта глубокозалегающей газоконденсатной залежи Булла-дениз, которая характеризовалась высоким начальным пластовым давлением – 71.6 МПа и высокой продуктивностью скважин, температурой пласта – 102ºС, давление начала конденсации пластовой углеводородной смеси при этом приблизительно было равно 71 МПа. Плотность жидкой фазы – 800 кг/м³, молекулярная масса – 160, конденсатосодержание газовой фазы – 362 г/м³. Пористость коллекторов составляет 16,9%, а проницаемость – 0,042 мкм^2. Пластовая газоконденсатная смесь исследуемого объекта характеризовалась следующим начальным усредненным составом (молярная доля, %): метан – 88.59; этан – 4.11; пропан – 1.47; бутан – 0.77; пентан плюс вышекипящие – 4.86; углекислый газ – 0,2.

Результаты расчетов представлены на рисунке, где показана динамика коэффициента извлечения конденсата по известному методу, когда система состоит только из насыщенного конденсатом газа и с учетом двухфазности отбора пластовой смеси. Как видно из рисунка, в рассмотренных двух подходах результаты существенно отличаются. Так, если при однофазном отборе конечный коэффициент конденсатоотдачи составил 35%, то при учете двухфазного отбора эта величина доходит до 44%. Это свидетельствует о необходимости учета количества свободного конденсата при составлении различных проектных документов для конкретных газоконденсатных залежей.



Динамика коэффициента извлечения конденсата по результатам дифференциальной конденсации при традиционном подходе и двухфазного отбора пластовой смеси

Таким образом, рассмотрена возможность определения коэффициента конденсатоотдачи залежи, используя начальные данные разработки и pVT свойства флюидов. Для этого предложено новое выражение, которое позволяет по известным значениям плотности, вязкости, содержания конденсата в газовой фазе и насыщенного конденсата определить фазовое соотношение конденсата и газа.

Выводы:

1. Усовершенствована методика расчета конечного коэффициента конденсатоотдачи газоконденсатной залежи по начальным данным разработки за счет увеличения точности учета фазового состояния углеводородов при высоких пластовых давлениях и конденсатосодержаниях системы.

2. Существенно упрощена расчетная методика введением в алгоритм нового соотношения фазовых проницаемостей конденсата и газа, определяемого по известным pVT свойствам флюидов, которое позволило численно решить уравнения дифференциальной конденсации с учетом двухфазности системы в точной постановке без каких-либо допущений.

ЛИТЕРАТУРА

АБАСОВ, М.Т., АББАСОВ, З.Я., ДЖАЛАЛОВ, Г.И., ФЕЙЗУЛЛАЕВ, Х.А. 2006. Моделирование процесса разработки газоконденсатных залежей. *Изв. НАН Азерб., Науки о Земле,* 1,65-69.

АБАСОВ, М.Т., ОРУДЖАЛИЕВ, Ф.Г. 1989. Газогидродинамика и разработка газоконденсатных месторождений. Недра. Москва. 262.

АББАСОВ, З.Я. 1993. Методы расчета статического и динамического забойного давления в газовых и газоконденсатных скважинах. Элм. Баку. 312.

БРУСИЛОВСКИЙ, А.И. 1985. Методы расчета дифференциальной конденсации многокомпонентных систем. *Тр. МИНХ и ГП им. И.М.Губкина,* 192, 67-77.

БРУСИЛОВСКИЙ, А.И. 2002. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. Граль. Москва. 575.

ГУРЕВИЧ, Г.Р., БРУСИЛОВСКИЙ, А.И. 1988. Справочное пособие по расчету фазового состояния и свойств газоконденсатных смесей. Недра. Москва.190.

ЗАКИРОВ, С.Н., СОМОВ, Б.Е., ГОРДОН и др. 1998. Многомерная многокомпонентная фильтрация. Недра. Москва. 335.

НИКОЛАЕВСКИЙ, В.Н., БОНДАРЕВ, Э.А., МИРКИН, М.И. и др. 1968. Движение углеводородных смесей в пористой среде. Недра. Москва. 190.

ABASOV, M.T., ABBASOV, Z.Y., CALALOV, Q.İ., FEYZULLAEV, X.A. 2008. Qazkondensat quyularının məhsuldarlığının artırılması üzrə metodik göstəriş. Nafta-Press. Bakı. 36.

ASAR. H., HANDY. L.L. 1998. Influence of interfacial tension on gas-oil relative permeability in a gas-condensate system. *SPE Reservoir Engineering,* 257-264.

CERAGIOLI, P., MASSERANO, F. 1998. Near critical gas-condensate systems: effects of IFT on gravity drainage. In: *Paper SPE 39975. Proc.1998, SPE Gas Technology Simposium,* Calgary, Canada, 169-180.

NIKRAVESH. M., SOROUSH. M. 1996. Theoretical methology for prediction of gascondensate flow behavior. In: *Paper SPE 36704, Proc.Ann. Tech. Conf. and Exh.,* Denver, Colorado, 371-383.

© Z.Y.Abbasov, T.M.Naibova, F.Q.Seyfiyev, 2009

NEFT QUYULARINDA KORROZİYAYA QARŞI İNHİBİTOR

Z.Y.Abbasov, T.M.Naibova, F.Q.Seyfiyev

Azərbaycan MEA Geologiya İnstitutu
AZ1143, Bakı, H.Cavid procp. 29A

Dərinlik nasosu ilə istismar olunan bir sıra quyularda təmirarası müddətə müxtəlif amillərin təsiri öyrənilmiş və göstərilmişdir ki, quyu məhsulunun sulaşma dərəcəsi, H_2S-in konsentrasiyası və suyun sıxlığı korroziyanı artıran əsas amillərdəndir. Laboratoriya və mədən təcrübələri əsasında müəyyən edilmişdir ki, benzoqunaminlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqameri lay sularının, onlarda həll olmuş müxtəlif duzların və aqressiv qazların korroziyaedici təsirinə qarşı inhibitor kimi geniş istifadə oluna bilər.

Neft-mədən avadanlığı korroziyasının intensivliyi, məlum olduğu kimi, əsasən metalın xarici və daxili mühitin təsirinə davamlılığından, onun istismar olunduğu şəraitdən aslıdır. Bunları nəzərə alaraq neft-mədən işində istifadə olunan avadanlıqlar müxtəlif çeşidli C, D, E, K, L və s. poladdan hazırlanır. Onların mexaniki və elektrokimyəvi davamlılığını artırmaq məqsədi ilə metalın səthi xrom və digər təbəqələrlə örtülür və bəzi hallarda isə bu hissələr paslanmayan poladdan hazırlanır. Buna baxmayaraq, quyu məhsulunun tərkibində aqressiv lay sularının, artıq miqdarda mexaniki qarışıqların olması işlənilən metal avadanlığının istismar müddətini azaldır və çıxarılan neftin maya dəyərini nəzərə çarpacaq dərəcədə artırır.

Mədən məlumatlarının analizi göstərir ki, korroziya prosesi özünü ən çox Azərbaycanın quruda yerləşən neft yataqları quyularında göstərir. Bunun əsas səbəblərindən biri də, göstərildiyi kimi (Məmmədov və b., 2006) quruda yerləşən neft yataqlarının əksəriyyətinin son istismar mərhələsində olması və bununla əlaqədar quyu məhsulunda aqressiv mühit olan lay sularının miqdarının artması və onlarda həll olunmuş şəkildə quyuya daxil olan H_2S, CO_2 və digər qazların miqdarının artmasıdır. Bundan əlavə, bu yataqlarda əksər quyuların dərinlik nasos üsulu ilə istismarı prosesində mexaniki korroziyanın (eroziyanın) yaranması, məlum səbəbdən elektrokimyəvi korroziyanı da şiddətləndirir.

Azərbaycanın quruda yerləşən neft yataqları quyularında korroziya prosesi ən çox Ə.C.Əmirov adına NQÇİ, Binəqədineft, Suraxanıneft, Siyəzənneft idarələrində yayılmışdır (İsmayılov, 1962; Муровьева и др., 2003).

Ancaq Ə.C.Əmirov adına NQÇİ-nin 1, 2 və 3 saylı sexlərinin 63 quyusunda bir il ərzində (2006) 755 təmir işləri aparılmış və burada 5504 m NKB-e, 552 ədəd nasos ştanqları, 700-dən artıq boru bilərzikləri və 52 halda nasosun klapanları dəyişdirilmişdir (1-ci cədvəl). Bu səbəbdən korroziyaya qarşı mübarizə ilə bağlı elmi-tədqiqat işləri hazırda da öz aktuallığını saxlamaqda davam edir.

Məqalədə Ə.C.Əmirov adına NQÇİ-nin yuxarıda adları çəkilən quyularının timsalında neft-mədən avadanlığının korroziyasına təsir edən əsas amillər öyrənilmiş, korroziyaya qarşı mübarizədə inhibitor təklif ounmuş və quyu şəraitində sınaq işlərinin nəticələri göstərilmişdir.

Dərinlik nasosu ilə işləyən quyuların şəraitində yeraltı neft-mədən avadanlıqlarının korroziyasına təsir edən əsas amillər kimi neftin debiti (Q_n), suyun debiti (Q_{su}), quyu məhsulunun sulaşma dərəcəsi ($\frac{Q_n}{Q_{su}}$)100%, quyunun ümumi debitinin (Q) onların bir ildəki təmirlərin sayına (n) təsiri öyrənilmişdir. Birinci cədvəldə göstərilən amillərin quyularda təmirlərin sayına təsiri çoxamilli reqressiya analizi ilə aparılmışdır. Cədvəldə verilmiş məlumat əsasında n =f ((Q_n, Q_{su} , $\frac{Q_n}{Q_{su}}$, (Q_n+ Q_{su})) asılılığı reqressiya üsulu ilə təhlil edilmiş və nəticədə aşağıdakı reqressiya tənliyi alınmışdır:

$$n = 10{,}54 - 0{,}268Q_{su} + 5{,}61Q_n + 0{,}01\left(\frac{Q_n}{Q_{su}}\right)\cdot 100\% + 0{,}28(Q_n + Q_{su}) \qquad (1)$$

1-ci cədvəl

Ə.C.Əmirov adına NQÇİ 1, 2 və 3 saylı sexlərinin quyularına aid mədən məlumatları

Quyuların nömrəsi №	Quyunun debiti, neft /su, ton	Mexaniki qarışığın miqdarı, mq/l	Təmir işləri			
			Ştanq, ədəd	Boru, m	Bilərzik, ədəd	Klapan, ədəd
1	2	3	4	5	6	7
1361	0,2 /1,0	114	6	27	10	-
20	0,45 /6,5	147	7	68	8	-
114	0,3 /2,2	66	10	135	11	1
167	0,2 /2,8	141	9	108	12	-
184	0,2 /1,6	14	10	64	14	-
807	0,2 /1,5	113	11	108	12	-
329	0,3 /1,5	47	-	18	-	-
327	0,2 /2,0	237	8	108	13	1
1393	0,25 /1,7	20	8	124	12	-
827	0,3 /2,0	491	9	63	10	-
834	0,2 /2,1	556	7	108	18	-
2004	0,9 /14	1050	10	81	16	-
1024	0,2 /6,26	310	15	135	38	5
76	0,5 /5,5	236	6	99	2	-
1414	0,3 /4,8	207	5	63	16	-
1079	1,5 /6,0	962	10	108	28	2
1780	0,5 /6,3	920	13	87	32	3
107	0,4 /26	1748	-	95	22	2
223	0,5 /8,3	38	8	81	12	1
478	0,2 /8,5	188	6	45	11	-
2001	0,2 /2,2	196	9	72	16	-
828	0,6 /16	201	12	95	25	-
1258	0,5 /1,5	241	10	180	13	-
69	0,8 /6,5	1691	11	99	24	1
1125	0,5 /23,5	69	-	-	8	-
2125	0,4 /12,3	56	11	63	20	-
891	0.5 /1,6	6	8	107	17	-
1259	0.2 /3,1	174	6	114	16	-
1222	0,5 /21,5	67	15	135	32	4
2128	0,8 /10	265	10	108	21	3
1251	0,5 /4,5	118	9	99	20	4
70	0,5 /22	76	7	108	18	-
856	0,2 /3,2	136	18	64	16	1
248	0,4 /3,9	102	5	72	14	-
468	0,4 /5,3	153	-	45	10	-
149	0,2 /10	99	11	81	19	2
1283	0, 1 /3,8	31	4	36	15	-
447	0,5 /6,7	2860	5	81	10	-
1129	0,5 /4,5	223	10	108	22	1
1295	0,2 /3,1	281	7	99	12	-
1836	0,5 /20	1240	11	81	19	2
1347	0,7 /6,5	2428	10	90	18	-
217	0,2 /2,5	286	5	63	14	-
1443	0,85/17	421,5	17	135	11	4

Cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6	7
1028	0,6 /3,5	616	16	114	16	-
1081	0,5 /7,2	128	9	108	17	-
1025	9,7 /0,7	243	16	135	35	5
7	0,35 /1,0	46	10	64	12	-
411	0,9 /11,4	160	12	108	12	-
1819	0,9 /12,5	90	13	116	15	-
1941	0,5 /5,5	335	8	108	13	-
711	0,3 /4,3	234	7	99	4	-
6	0,7 /1,8	376	9	102	12	-
195	1,0 /13	28	14	90	19	4
1206	0.9 /5,5	238	15	153	32	3
331	0,4 /3,9	15	10	72	14	-
1845	0,5 /4,7	310	-	-	16	-
1828	0,9 /27	189	11	135	18	1
1447	0,6 /516	1703	9	114	23	2
1463	0,9 /7,8	620	12	27	21	-
1475	0,4 /5,4	430	-	-	12	-
1838	0,3 /17	763,5	12	99	20	-

Hesabatda çoxluq korreliyasıyası əmsalının 0,55 qiymət alması göstərmişdir ki, seçilmiş amillərin quyulardakı təmirlərin sayına təsiri kifayət qədərdir. Quyu məhsulunun sulaşma dərəcəsi prosesə təsir edən əsas amillərdəndir. Cədvəldə göstərilən quyularda neft və suyun debitinin az olması (neftin debiti 0,1 -1,0 t/g, suyun debitinin orta qiyməti 7,6 m^3/g) hər amilin ayrılıqda təsir dərəcəsini təyin etməyə imkan verməsə də (1) asılılığı ümumi tendensiyanı müəyyən etməyə imkan verir. Məlum olduğu kimi (Məmmədov, 2005), lay suyu o vaxt korroziya prosesini gücləndirir ki, onun tərkibində lazımi miqdarda aqressiv qazlar (H_2S, C_2O, O_2) olsun. Cədvəldə toplanılan məlumatlar ancaq korroziya ilə bağlı aparılan təmirləri əhatə edir. Quyuda müxtəlif səbəblərdən, məsələn, qum tıxacı, suyun təcrid edilməsi, nasos qurğusunda mexaniki yeyilmələrlə bağlı aparılan təmirlərin sayı cədvəldə nəzərə alınmamışdır.

Ümumiyyətlə, quyuda yaranan mürəkkəbləşmələrlə bağlı aparılan təmir işlərini onların yaranma səbəblərinə görə bir-birindən ayırmaq çox çətindir. Belə ki, müəyyən bir mürəkkəbləşmə başqa fəsadların da yaranmasına səbəb ola bilər. Məsələn, quyuda qum tıxacı əsasən qalxan mayenin sürətinin azalması ilə bağlıdır. Bu isə həm korroziya, həm də mexaniki aşılanma nəticəsində boru-nasos sistemində hermetikliyin pozulmasından da yarana bilər. O cümlədən digər təmirlər də müxtəlif amillərin qarşılıqlı əlaqəsi nəticəsində də baş verə bilər.

İkinci cədvəldəki amillərin normal paylanma qanunauyğunluğu χ^2 meyarı əsasında yoxlanılmış və müəyyən olunmuşdur ki, P = 0,05 səviyyəsində paylanmalar Pirisonun χ^2 meyarını ödəyir. Paylanmaların parametirləri 2-ci cədvəldə göstərilmişdir.

2-ci cədvəl

Normal paylanmaların parametrləri

Amillər	$\bar{X}$	σ^2	$\chi^2_{0,05}$	$t_{0,05}$
Q_{su}	11,6	5,0	2,1	10.5<11,1<11,7
Q_n	0,6	0,3	3,3	0,6<0,64<0,67
$\frac{Q_n}{Q_{su}}$	104,8	16,4	1,4	100,1<100,8<109,1
$Q_n + Q_{su}$	505,0	217,0	1,9	481,7<505,0<526,8

Üçüncü cədvəldə bir sıra quyular üzrə lay suyunun tərkibindəki C_{H_2S} , C_{Cl}, naften turşularının miqdarı (C_{NT}), suyun sıxlığı – duzluğu (ρ_{su}) və təmirlərin sayı (n) haqqında məlumat verilmişdir. Burada quyuların seçimi elə aparılmışdır ki, bu quyulardan götürülmüş lay suyunun tərkibində yuxarıda göstərilmiş bütün komponentlər iştirak etsin.

Korrelyasiya-reqressiya üsulu vasitəsilə analiz aparılmış və nəticədə aşağıda göstərilən reqressiya tənliyi alınmışdır:

$$n = 0{,}118\,C_{H_2S} - 0{,}323C_{Cl} - 0{,}009C_{N.T} + \\ +85{,}545\rho_{su} - 77{,}694 \qquad (2)$$

Tənlikdən göründüyü kimi, quyulardakı təmirlərin sayına təsir edən əsas amillər hidrogen-sulfidin konsentrasiyası (C_{H_2S}) və suyun sıxlığıdır (ρ_{su}), digər parametirlərin təsiri isə zəifdir. Ancaq bu heç də onu göstərmir ki, o amillər tənlikdən xaric olunmalıdır. Bu bir daha deməyə əsas verir ki, prosesə ayrı-ayrı komponentlərin təsiri kimi yox, onların bir yekunu kimi baxılmalıdır. Belə ki, korroziya intensivliyinə H_2S-in təsirinin xlorlu mühitdə daha da şiddətlənməsi praktikadan məlumdur.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, lay sularının fiziki-kimyəvi tərkibi və onlarda həll olan H_2S qazı yeraltı neft avadanlıqlarının istismar müddətinin azalmasında əsas rollardan birini oynayır. Belə ki, aparılmış analizlərin göstərdiyi kimi, H_2S-in miqdarının quyu məhsulunda artması oradakı təmirlərin sayının artmasına gətirib çıxarır.

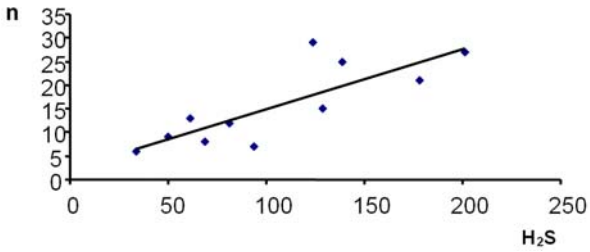
Şəkildə göstərildiyi kimi bu asılılıq n=f(H_2S) təxminən düz xətt qanununa daha yaxındır. Beləliklə, bu asılılıq aşağıdakı düz xəttin tənliyi ilə ifadə oluna bilər:

$$n = 0{,}128\,C_{H_2S} + 2{,}149$$

Burada C_{H_2S} - hidrogen sulfidin mollarla miqdarıdır. Korroziya əmsalının qiyməti (0,654) göstərir ki, bu asılılıq real şəraiti əhatə edə bilir.

Şəkildə təmirlərin sayının bir litrdə həll olmuş H_2S-in miqdarından asılılığı göstərilmişdir. Eyni asılılıq təmirlərin sayı ilə quyudan çıxarılan suyun ümumi miqdarı üçün də alınmışdır. Hər iki asılılığın təxminən yaxın olması onu göstərir ki, təsir metal səthi ilə ilk təmas anında başlayır. Korroziya ilə əlaqadar baş verən sonrakı proseslərin isə H_2S-in miqdarı ilə əlaqəsi onun konsentrasiyası ilə, demək olar ki, əlaqadar deyil. Belə ki, quyuda təmirlərin sayının H_2S-in konsentrasiyasından asılılığı təxminən onun mol miqdarından asılılığı kimidir.

H_2S-in korroziya prosesinə təsiri, məlum olduğu kimi, lay suyunun tərkibində olan duzların və əsasən də Na duzlarının konsentrasiyasının artması ilə artır.



N_2S-in miqdarından təmirlərin sayının asılılığı

3-cü cədvəl

Lay sularında iştirak edən bəzi kimyəvi komponentlərin quyular üzrə dəyişməsi

Quyuların sıra sayı	H_2S	Cl	Naften turşusu	Suyun sıxlığı	Quyularda bir ildəki təmirlərin sayı
№	mq/l	mq/l	mq/l	kq/m^3	dəfə
1024	201	14034	48	1018,0	27
1780	61	5326	268	1,0117	13
107	34	12876	95	1019,0	6
223	139	7097	78	1011,0	25
2128	94	37241	213	1050,5	7
1251	50	6051	237	1014,1	9
1129	81	25213	143	1026,2	12
1443	129	10251	126	1014,5	15
1025	124	15624	143	1021,9	29
1463	69	7398	695	1013,9	8
1206	178	12160	95	1019,5	21

H_2S-lə zəngin olan quyu məhsulu şəraitində elektrokimyəvi korroziyaya qarşı mübarizədə müxtəlif inhibitorlardan istifadə olunur (Eyvazova, Vəliyeva, Salmanov, Rüstəmov, 2006; Гоник, 2005). Ancaq onların müxtəlif quyu şəraitində eyni dərəcədə müsbət nəticə verə bilməməsi bu inhibitorların yeni nəslinin yaranmasına gətirib çıxarmışdır. Qeyd edilən tədbirlərin nəticələrinin təhlili göstərir ki, mövcud inhibitorların müxtəlif şəraitlərdə yaxşı nəticə verməməsi onların tərkibindəki azot birləşmələrinin lazımi miqdarının tənzim olunmamasındadır. Bunları nəzərə alaraq biz real quyu şəraiti üçün benzoqunaminlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqamerinin məlum lay suyu şəraitində istifadəsini təklif etmişik. Onu laboratoriya şəraitində hərtərəfli sınaqdan çıxarmış və mədən təcrübəsində tətbiq olunma zəruriyyətini əsaslandırmışıq (Сейфиев, Казымов, Мамедьярова, Наибова, 2007) .

Aşağıda Ə.C.Əmirov adına NQÇİ-nin 3 quyusunda təklif olunan oliqamerin sınaq işlərinin nəticələri verilmişdir. Seçilmiş 1206, 1024 və 107 saylı quyular IV horizontdan 50 ildən artıq bir müddətdir ki, istismar olunur. Bunlardan 1024 saylı quyu istismar şəraitinə görə digər quyulardan fərqləndiyindən və burada əsaslı və cari təmir işləri uzun müddət aparıldığından onun debitinin və təmirlərin xarekterinin dəyişmə qanunnauyğunluğunu təyin etmək mümkün olmamışdır. Ona görə də belə hesab etmək olar ki, 1024 saylı quyu inhibitorun korroziya prosesinə təsirini öyrənmək üçün düzgün seçilməmişdir. Qalan 1206 və 107 saylı quyularda inhibitorun təsirini öyrənmək üçün onların işi 5 ay inhibitor vurulmazdan əvvəl və 5 ay sonra analiz edilmişdir. Onu da qeyd edək ki, hər iki quyuda benzoqunaminlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqameri vurulmasından əvvəl korroziyaya qarşı inhibitor vurulurdu. Bu inhibitor hər ayda bir dəfə sərfi 200 kq miqdarında olmaqla boruarxası fəzaya öz təzyiqi altında axıdılırdı. Burada inhibitorun boruarxası fəzaya birdəfəlik vurulması texnalogiyası əsas götürülmüşdür. Bu inhibitorun tərkibi, fiziki-kimyəvi xassələri haqqında məlumat toplanılmadığından onlar burada göstərilməmişdir.

Bu quyularda aqressiv mühitin yaratdığı texnoloji çətinlikləri aradan qaldırmaq məqsədi ilə korroziya inhibitoru Ə.Əmirov adına NQÇİ-nin 3 saylı sexinin 107 nömrəli quyusuna 180 kq və 1206 nömrəli quyuya 60 kq benzoqunaminlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqomeri əsaslı inhibitor 5 ay müddətində 3 dəfəyə öz hidrostatik təzyiqi vasitəsilə quyuların boruarxası fəzasına 6-7 gün ərzində vurulmuşdur.

Quyuların 10 ay müddətində texniki-istismar göstəriciləri 4-cü cədvəldə verilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi, benzoqunaminlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqameri H_2S olan mühitdə quyudakı korroziya prosesini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və bundan əlavə, iqtisadi cəhətdən onun tətbiqi daha səmərəlidir. Belə ki, hazırda korroziyaya qarşı işlədilən inhibitorun sərfi nəzərdən keçirilən 5 ay müddətində 1 tondursa, benzoqunaminlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqamerinin sərfi ondan təqribən 6-7 dəfə azdır.

4-cü cədvəl

Benzoqunaminlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqameri əsaslı inhibitorun tətbiq olunmuş quyularda göstəriciləri

Təmirlərin sayı									
5 ay əvvəl					5 ay sonra				
NKB	Ştanqlar	Bilərziklər	Nasosla əlaqədar	Təmirarası müddət	NKB	Ştanqlar	Bilərziklər	Nasosla əlaqədar	Təmirarası müddət
Quyu №107									
8	-	-	4	5	5	-	2	-	4
Qeyd: Benzoquanaminlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqomeri əsaslı inhibitor vurulandan sonra. 1. Quyunun debiti dəyişməyib; 2. Quyunun təmirarası müddəti artıb; 3. Dəyişilən NKB borularının sayı 3 ədəd azalıb; 4. 5 ay əvvəl nasosla bağlı 4 təmir olmuş və 5 ay sonra nasosla bağlı təmir aparılmamışdır.									
Quyu №1206									
11	8	3	-	2	9	-	3	-	2
Qeyd: Benzoquanaminlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqomeri əsaslı inhibitor vurulandan sonra; 1. Quyunun təmirarası müddəti və debitində nəzərə çarpacaq dəyişiklik yoxdur; 2. Qum tıxacı ilə bağlı təmir olunmayıb, əvvəlki 5 ay müddətində isə 2 dəfə qum tıxacı yuyulub; 3. 5 ay əvvəl 8 ştanq dəyişdirilmiş və 5 ay sonra ştanq dəyişdirilməmişdir.									

Beləliklə, Ə.C.Əmirov adına NQÇİ-nin bir sıra quyularının timsalında elektrokimyəvi korroziya prosesinə təsir edən amillər, o cümlədən neftin və suyun debiti, məhsulun sulaşma dərəcəsi, quyunun ümumi maye miqdarına görə debiti, suyun tərkibindəki müxtəlif ion qrupları və suyun xassələri statistik üsullarla öyrənilmiş, yeni tərkibli inhibitor mədən şəraitində sınaqdan çıxarılmış və aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Neftin debiti artdıqca elektrokimyəvi korroziya zəifləyir, quyunun ümumi debiti, suyun miqdarı, demək olar ki, bu proseslərdə zəif iştirak edir, quyu məhsulunun sulaşma dərəcəsi isə əsas təsiredici amil kimi təyin olunmuşdur.
2. Lay suyunun tərkibindəki hidrogen-sulfid, xlor, naften turşuları ionları miqdarının və suyun sıxlığının elektrokimyəvi korroziya prosesinə təsiri öyrənilmiş və müəyyən edilmişdir ki, burada korroziyanı intensivləşdirən əsas amil kimi hidrogen-sulfidin konsentrasiyası və suyun sıxlığı (duzluluq dərəcəsi) qəbul oluna bilər.
3. Quyularda hidrogen-sulfid korroziyasına qarşı mubarizədə benzoqunaminlə modifikasiya olunmuş fenol-formaldehid oliqomeri əsaslı inhibitoru mədən şəraitində müsbət nəticə ilə sınaqdan çıxarılmış və onun geniş istifadəsi tövsiyə olunmuşdur.

ƏDƏBIYYAT

EYVAZOVA, S.M., VƏLİYEVA, R.Q., SALMANOV, V.Ə., RÜSTƏMOV, M.Ə. 2006. Yeni sintez edilmiş azot üzvi birləşmələrin korroziya inhibitoru kimi xassələrinin tədqiqi. *Azərbaycan kimya jurnalı*, 1. 210- 213.

İSMAYILOV, Ə.H. 1962. Neft sənayesində boru kəmərlərinin və yeraltı metal avadanlıqlarının korroziyası və onunla mübarizə üsulları. Bakı. Azərnəşr. 149.

MƏMMƏDOV, K.Ə. 2005. Korroziya inhibitoru kimi qossipol qatranının tədqiqi və quyuya vurulma texnologiyası. *Kimya problemləri*. 2, 164- 165.

MƏMMƏDOV, R.R., ŞİRİNOV, T.İ., HÜSEYNOVA, S.Ə., MƏMMƏDOVA, İ.H. 2006. Hidrogen-sulfidin maye-elektrolit və karbohidrogen mühitində elektrokimyəvi korroziya prosesinin intensivliyinə təsiri. *Kimya problemləri*, 2. 368- 369.

ŞİRİNZADƏ, A.Ə., MƏMMƏDOV, K.Ə. 2006. Neft–mədən avadanlıqlarının istismarında yeni bitki mənşəli reagentin rolu. *Neft təsərrüfatı,* 11, 39- 44.

ГОНИК, А.А. 2005. Влияние ингибитора коррозии дифильной структуры на пассивность железа в электролитах нефтяных месторождений. *Защита металлов*, 41, 2, 188- 191.

МУРОВЬЕВА, С.А., МЕЛЬНИКОВ, В.Г., ЕГОРОВ, В.В. 2003. Третичные алифатические диамины как пленкообразующие ингибиторы сероводородной коррозии. *Защита металлов*, 39, 5.517 – 528.

СЕЙФИЕВ, Ф.Г., КАЗЫМОВ, А.М., МАМЕДЬЯРОВА, И.Ф., НАИБОВА, Т.М. 2007. Коррозия стального нефтепромыслового оборудования и защита ингибиторами. Akademik Həsən Əliyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş *Ekologiya, təbiət və cəmiyyət problemləri* Beynəlxalq elmi konfransının materialları, Bakı, 8-9 noyabr, 484- 485.

© E.Ə.Yusifov, 2009

SU HİDRATLARININ YARANMA PROSESİNDƏ QAZ FAZASINDA METANOL İNHİBİTORU İTKİLƏRİNİN AZALDILMASI ÜÇÜN METODİKANIN İŞLƏNMƏSİ

E.Ə.Yusifov

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
AZ1073, A. Sultanova küç., 5

Təcrübədə ən geniş istifadə olunan hidrat inhibitoru – metanolun qaz fazasında baş verən itkilərin qarşısının alınması məqsədi ilə qazın alçaq temperaturlu separasiya qurğularında nəqlə hazırlanması prosesində istifadə olunan digər bir hidrat inhibitoru – dietilenqlikol (DEQ) vasitəsilə absorbsiya edilməsi imkanlarından istifadə etməklə yeni texnologiya işlənib hazırlanmışdır. Bu təklifə görə, qurğuda absorbsiya olunmuş metanol DEQ-nin regenerasiyası prosesində xüsusi rejim əsasında desorbsiya edilir, tutulur və yenidən istifadə üçün sistemə qaytarılır. Bu isə metanolun qaz fazasındakı itkilərini təxminən 25% - ə qədər azaldır.

Metanol, qaz və qazkondensat yataqlarında qaz hasilatı, onların mədənlərarası yığımı və nəqlə hazırlanması qurğularında hidrat əmələ gəlməsi ilə mübarizədə istifadə olunan ən geniş yayılmış inhibitorlardan biri hesab olunur (Musayev, Əilyeva, 1991).

Bununla yanaşı, metanolun uçucu inhibitor olması və kondensatda yaxşı həll olması səbəbindən o, qaz axınına daxil edildikdən sonra təxminən 50 %-dən çoxu itkiyə gedir və bütün bunlar da hasil edilən qazların maya dəyərinə hiss ediləcək dərəcədə mənfi təsir göstərir. Bu səbəbdən, metanolun (CH_3OH) hidrat inhibitoru kimi istifadəsində ən əsas məsələlərdən biri onun qaz fazasında olan itkilərinin qarşısının alınmasıdır.

Məlumdur ki, inhibitorların qaz fazasına keçmə miqdarı qazın tərkibindən, onun təzyiq və temperaturundan və nəhayət, ən əsası onun sulu məhlulundakı qatılığından asılıdır (Musayev, Əilyeva, 1991). Belə ki, temperaturun artması ilə inhibitorun qaz fazasına keçimi artır. Bu fakta təzyiqin təsiri isə temperaturdan xeyli fərqlidir. Sabit temperaturda təzyiqin artması ilə inhibitorun qaz fazasına keçimi get-gedə azalır və müəyyən bir həddə o, minimum səviyyəyə çatır (Гнусова, Берго, Бухгалтер, 1976). Bundan sonra isə təzyiqin artması ilə inhibitorun qaz fazasına keçimi də artır.

Araşdırmalar göstərir ki, metanolun qaz fazasına keçimi ilə mübarizə aparmağın əsas yollarından biri itkiləri dietilenqlikol (DEQ) vasitəsilə absorbsiya edilməsi ola bilər (Расулов и др., 1975). Bu onunla izah edilir ki, təcrübədə bir çox hallarda hidratlarla mübarizədə qaz və qazkondensat yataqlarında eyni zamanda iki müxtəlif inhibitordan – quyularda və şleyflərdə (mədənarası borularda) hidrat əmələ gəlməsi ilə mübarizədə metanoldan, alçaq temperaturlu separasiya qurğularında isə DEQ-dən istifadə olunur. Belə ki, DEQ bu prosesdə hidratın qarşısını almaqdan əlavə o, həm də qazın tələb edilən şeh nöqtəsinə qədər qurudulmasında da bir absorbent kimi iştirak edir. Bundan əlavə, o, metanol kimi uçucu inhibitor olmadığından onun itkisi də, demək olar ki, çox cüzi olur.

Bütün bunları nəzərə alaraq, belə güman etmək olardı ki, bu prosesdə DEQ vasitəsilə su buxarının absorbsiyası zamanı qaz fazasında olan metanol da absorbsiya ediləcək və bu halda o, DEQ-nin regenerasiya qurğusundan istifadə etməklə tutulub saxlanıla və yenidən istifadəyə veriləbiləcək. Laboratoriya şəraitində keçirilən təcrübələr qeyd edilən ehtimalı təsdiq etmişdir.

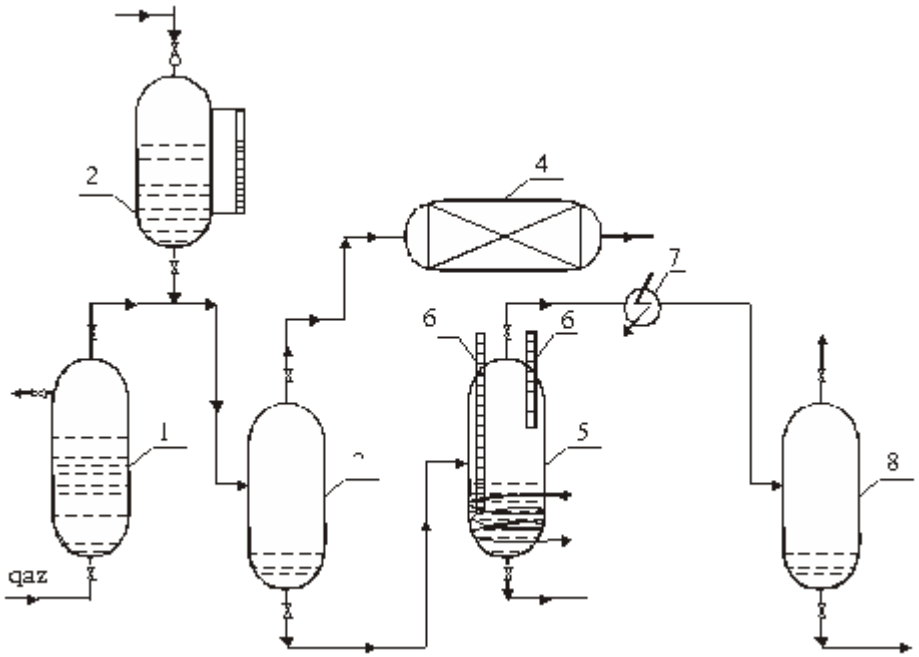
Təcrübələr 1-ci şəkildə təqdim edilmiş laboratoriya eksperimental qurğusunda aparılmışdır. Təcrübələrin keçirilməsi metodikası ondan ibarət olmuşdur ki, 1 kolbası metanolun müxtəlif qatılıqlı sulu məhlulları ilə doldurulmuş və onun aşağı hissəsindən təbii qazın verilməsi təmin edilmişdir. Daha sonra 1 kolbasından çıxan qaza 2 kolbasından DEQ-nin verilməsi başlanmışdır. Qazın DEQ-dən ayrılması 3 kolbasında, DEQ-nin regenerasiyası isə 5 kolbasında həyata keçirilmişdir. Qazın miqdarının ölçülməsi 4 sayğacının vasitəsilə olmuşdur. DEQ-nin qazdan absorbsiya etdiyi

metanolun miqdarı 3 kolbasından götürülmüş nümunələrin xromotoqrafik analizi vasitəsilə həyata keçirilmişdir. Alınan nəticələr 1-ci cədvəldə təqdim edilmişdir.

Cədvəlin araşdırılmasından görünür ki, metanolun DEQ-nin sulu məhlulunda qatılığı təxminən 3,88-8,10 % arasında dəyişmişdir ki, bu da metanolun qaz fazasında olan miqdarının təxminən 50 %-nin DEQ vasitəsilə absorbsiya edilməsini, başqa sözlə, onun tutulub sistemə qaytarılması imkanının yarandığını göstərir.

Tutulmuş metanolun DEQ-dən regenerasiyası *5* kolbasından (1-ci şəkil) istifadə etməklə öyrənilmişdir. Bundan ötrü 3 kolbasından götürülmüş DEQ- metanol–su nümunəsi 5 kolbasına yığılmış və orada qızdırılaraq ondan metanolun ayrılması üçün şərait yaradılmışdır. Sonra ayrılmış metanol buxarları 7 soyuducusunda soyudularaq mayeyə çevrilmiş və 8 həcmində yığılmışdır. 5 kolbasında metanolun DEQ-dən ayrılması üçün müxtəlif temperatur şəraiti yaradılmış, 7 soyuducusunda isə metanolun mayeyə çevrilməsi üçün 10-12^{0}C temperatur təmin edilmişdir. Regenerasiya kolbasının yuxarısında 70-80^{0}C temperaturun saxlanması təcrübədə hidratlara qarşı mübarizədə istifadə oluna bilən 90-92%-li metanol almağa imkan vermişdir. Alınmış nəticələr cədvəl 2- də təqdim edilmişdir.

Yuxarıda qeyd edilənləri nəzərə alaraq, metanolun DEQ – CH_3OH – H_2O sistemindən regenerasiyası üçün aşağıdakı texnoloji sxem işlənmişdir (2-ci şəkil).



1-ci şəkil. Metanolun qaz fazasında DEQ vasitəsilə absorbsiya və regenerasiya edilməsinin öyrənilməsi üçün eksperimental qurğu
1-metanol üçün kolba, 2-DEQ üçün kolba, 3-qazın DEQ- dən ayrılması üçün kolba, 4-qaz sayğacı, 5-DEQ-nin regenerasiya kolbası, 6-termometr, 7-soyuducu, 8-metanolun yığım həcmi

1-ci cədvəl

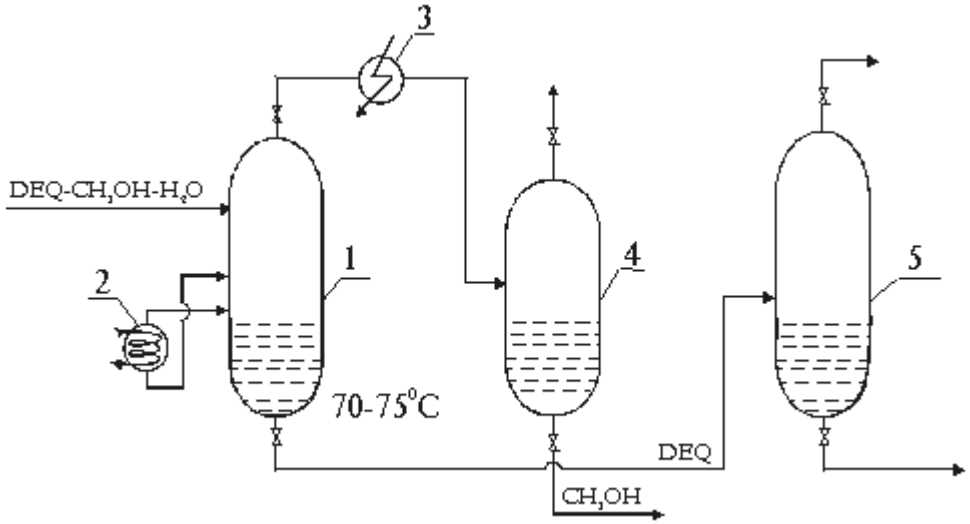
Metanolun qaz fazasından DEQ vasitəsilə absorbsiya göstəriciləri

Metanolun qaz fazasında miqdarı, *q/m*^{3}	DEQ-nin tərkibi, % kütlə					Qaz fazasından udulmuş metanolun miqdarı, % kütlə
	Başlanğıc tərkib		Sonrakı tərkib			
	DEQ	H_2O	***DEQ***	Metanol (CH_3OH)	H_2O	
0,91	85,0	15	82,0	3,88	14,12	50,0
0,95	80,0	20	75,0	8,10	16,90	57,0
1,00	78,0	22	76,0	6,30	17,70	50,5

2-ci cədvəl

DEQ- CH_3OH-H_2O sisteminin regenerasiya göstəriciləri

Qaz fazasından metanolu absorbsiya etmiş DEQ-nin tərkibi, % kütlə			Kalonun yuxarısında regenerasiya temperaturu, ^0C	Regenerasiya olmuş metanolun qatılığı, % kütlə	Metanolun regenerasiyasından sonra qalığın tərkibi, % kütlə		
DEQ	CH_3OH	H_2O			***DEQ***	CH_3OH	H_2O
82,0	3,88	14,12	70,0	90,0	85,6	1,10	13,30
75,0	8,10	16,90	78,0	93,0	80,0	1,30	18,70
76,0	6,30	17,70	72,0	92,0	78,0	0,70	21,30



2-ci şəkil. Metanolun DEQ – CH_3OH – H_2O sistemindən regenerasiyası üçün texnoloji sxem
1- metanolun regenerasiya kalonu, 2- qızdırıcı, 3- soyuducu,
4- metanolun yığım həcmi, 5- DEQ-nin yığım həcmi

Bu sxemə görə, DEQ – CH_3OH – H_2O sistemi əvvəlcə, yuxarıda qeyd edilən temperatur rejimi saxlanılmaqla, 1 kalonuna daxil olur. Burada ayrılan CH_3OH – H_2O buxarı kalonun yuxarı hissəsindən 3 soyuducusuna daxil olur, orada mayeyə çevrilir və 4 həcmində toplanılaraq və onun aşağı hissəsindən xaric edilib təkrar istifadəyə verilir. 1 kalondan sonra DEQ – H_2O məhlulu (75-85) % qatılıqda 5 həcmində toplanır və oradan təkrar istifadə üçün yenidən sistemə qaytarılır.

Beləliklə, metanolun DEQ vasitəsilə qaz fazasından tutulması və hər iki inhibitorun reenerasiya edilib yenidən istifadə üçün sistemə qaytarılması təmin edilmiş olur. Bu təklifə görə, qurğuda absorbsiya edilmiş metanol DEQ-nin regenerasiyası prosesində xüsusi rejim əsasında ondan desorbsiya edilir, tutulur və yenidən istifadə üçün sistemə qaytarılır. Bu isə metanolun qaz fazasındakı itkilərinin təxminən 25%-nin tutulub təkrar istifadə üçün yenidən sistemə qaytarılması deməkdir.

ƏDƏBİYYAT

МУСАЕВ, Р.М. АЛИЕВА, М. 1991. Способ определения эффективности ингибитора гидратообразования. Авторское свидетельство № 1723408.

ГНУСОВА, С.П., БЕРГО, Б.Г., БУХГАЛТЕР, Э.Б. 1976. Усовершенствование схемы регенерации метанола. В реф.сб. ВНИИЭгазпром: *Переработка газа и газового конденсата,* Москва, 1, 22 – 25.

РАСУЛОВ, А.М. и др. 1975. Анализ эффективности установки регенерации метанола на Оренбургском месторождении. В реф. сб. ВНИИЭгазпром: *Переработка газа и газового конденсата*. 5, Москва, 113.

Məqaləyə Azərbaycan MEA-nın müxbir üzvü Z.Y.Abbasov rəy vermişdir

ГЕОГРАФИЯ

© B.Ə.Budaqov, A.H.Əhmədov, Q.İ.Rüstəmov, 2009

AZƏRBAYCAN LANDŞAFTLARININ TİBBİ-EKOGEOKİMYƏVİ DİFERENSİASİYA XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ ONLARIN XƏRİTƏLƏŞDİRİLMƏSİ

B.Ə.Budaqov, A.H.Əhmədov, Q.İ.Rüstəmov

AMEA akademik H.Ə.Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu
AZ1143, Bakı, H.Cavid prosp. 31

Azərbaycan Respublikası hwdudlarşnda ayrı-ayrı landşaft qurşaqlarında mövcud geokimyəvi şəraitin insan sağlamlığına təsiri araşdırılmış, müxtəlif landşaft tipləri üçün daha çox səciyyəvi olan xəstəliklər, xüsusilə mikroelementlərin anomal konsentrasiyasının təsirindən yaranan xəstəliklər və onların yayılma dərəcəsi müəyyənləşdirilmişdir. İlk dəfə olaraq bir sıra xəstəliklərlə müxtəlif mikroelementlərin konsentrasiyası arasında korrelyasiya əlaqəsi müəyyən edilmiş, bütünlükdə respublika ərazisi üçün tibbi-ekogeokimyəvi landşaft xəritəsi tərtib olunmuşdur.

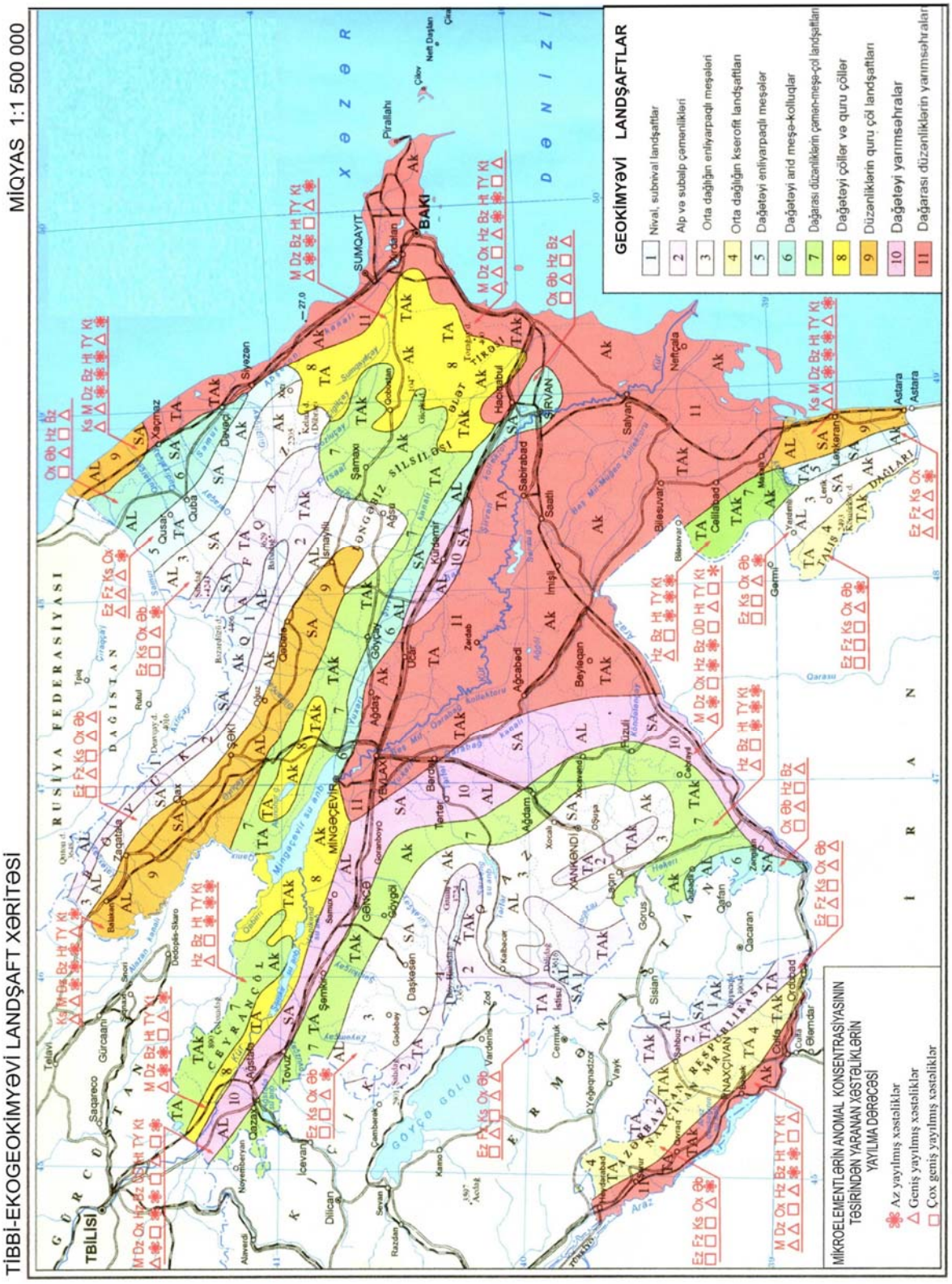
Geokimyəvi şəraitin ətraf mühitə, burada yaşayan canlılara və xüsusən də insan sağlamlığına təsirinin öyrənilməsi yaşadığımız dövrün ən aktual məsələlərindən biridir. Respublikamızda bu istiqamətdə kifayət qədər elmi-tədqiqat işlərinin aparılmasına baxmayaraq, ayrı-ayrı landşaft qurşaqlarında bərqərar olmuş geokimyəvi şəraitlə müxtəlif xəstəliklər arasındakı əlaqəni əyani şəkildə əks etdirən xəritə tərtib olunmamışdır. Landşaftların ekogeokimyəvi şəraitinin insan sağlamlığına təsiri baxımından tədqiq edilməsi nəticəsində ilk dəfə olaraq ayrı-ayrı landşaft vahidlərində bir sıra xəstəliklərlə müxtəlif mikroelementlərin konsentrasiyası arasında korrelyativ əlaqə müəyyənləşdirilmiş və Azərbaycan ərazisi üçün tibbi-ekogeokimyəvi landşaft xəritəsi tərtib edilmişdir (1-ci şəkil). Bu məqsədlə 1973-cü ildə akademik B.Ə.Budaqov tərəfindən tərtib edilmiş Azərbaycanın landşaft xəritəsi, 2000-ci ildə tərtib olunan Azərbaycanın geokimyəvi landşaft xəritəsi (Budaqov və b., 2000), respublikamizin müxtəlif rayonlarındakı yerli səhiyyə təşkilatlarının, Səhiyyə Nazirliyinin fond materiallarından, eləcə də çoxillik çöl tədqiqatları zamanı əldə etdiyimiz nəticələrdən istifadə olunmuşdur.

Azərbaycanda ekoloji aspektdə landşaft-geokimyəvi tədqiqatların aparılması zərurəti insanların təsərrüfat fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq ekoloji şəraitin dəyişməsi və eləcə də ərazinin təbii potensialından daha səmərəli istifadə edilməsi problemlərinin meydana çıxması səbəblərindən irəli gəlmişdir.

Ölkəmizdə kənd təsərrüfatının müxtəlif sahələrinin (taxılçılığın, tütünçülüyün, bağçılığın, üzümçülüyün, baramaçılığın, heyvandarlığın və s.) sürətli inkişafı və gələcək inkişaf perspektivləri ərazidə ekogeokimyəvi şəraitin, landşaftların geokimyasının ətraf mühitə təsirinin, müxtəlif birləşmələr şəklində bitkilərdə, torpaqda və təbii sularda toplanan kimyəvi elementlərin geokimyəvi xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi məsələlərinin aktuallığını daha da artırır.

Hər hansı bir yolla torpağa düşən kimyəvi element labüdən landşaftda gedən təbii proseslərə cəlb olunur və bu elementin müəyyən həddən çox olması bitkilərin inkişaf istiqamətini dəyişir, əksər hallarda ona mənfi təsir edir, heyvanlarda, insanlarda və digər canlılarda müxtəlif xəstəliklərin yaranmasına səbəb olur. Kimyəvi elementlərin miqdarına görə mühitin zəngin və ya kasıb olması konkret ərazilərdə məskunlaşmış orqanizmlərin bir sıra həyati funksiyalarına mühüm təsir göstərir.

Bitkilərin inkişafını təmin edən və onları qidalandıran mühitdə mikroelementlərin qıtlığı və ya ifrat artıqlığı kənd təsərrüfatı əkinlərində məhsuldarlığı aşağı salır, yem məhsullarında mineral çatışmazlığına səbəb olur ki, bu da öz növbəsində heyvandarlıqda məhsuldarlığın azalmasına gətirib çıxarır. Insan, bitki və heyvan orqanizmlərində baş verən xəstəliklər torpaqların və suların kimyəvi tərkibi və onların səciyyəvi xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır.


TİBBİ-EKOGEOKİMYƏVİ LANDŞAFT XƏRİTƏSİ
MİQYAS 1:1 500 000
GEOKİMYƏVİ LANDŞAFTLAR
1 Nival, subnival landşaftlar
2 Alp və subalp çəmənlikləri
3 Orta dağlığın enliyarpaqlı meşələri
4 Orta dağlığın kserofit landşaftları
5 Dağətəyi enliyarpaqlı meşələr
6 Dağətəyi arid meşə-kolluqlar
7 Dağarası düzənliklərin çəmən-meşə-çöl landşaftları
8 Dağətəyi çöllər və quru çöllər
9 Düzənliklərin quru çöl landşaftları
10 Dağətəyi yarımsəhralar
11 Dağarası düzənliklərin yarımsəhralar
MİKROELEMENTLƏRİN ANOMAL KONSENTRASİYASININ TƏSİRİNDƏN YARANAN XƏSTƏLİKLƏRİN YAYILMA DƏRƏCƏSİ
Az yayılmış xəstəliklər
Geniş yayılmış xəstəliklər
Çox geniş yayılmış xəstəliklər
TBİLİSİ
BAKI
SUMQAYIT
SİRVAN
MİNGƏÇEVİR
GƏNCƏ
NAXÇIVAN
RUSİYA FEDERASİYASI
İRAN

1-ci şəkil

Bu cəhətdən Azərbaycan respublikası ərazisində mövcud olan landşaft tiplərinin ekogeokimyəvi xüsusiyyətlərinin insan sağlamlığına təsiri baxımdan tədqiqat işinin böyük elmi-nəzəri və praktiki əhəmiyyəti vardır.

Respublikamızın ərazisində landşaftların geokimyəvi xüsusiyyətlərinin formalaşması, diferensiasiyası və inkişafı prosesi kompleks təbii amillərin təsiri altında gedir. Bütün dağlıq ölkələrdə olduğu kimi, burada da şaquli zonallıq qanunu özünü göstərir. Buna görə də ərazi landşaftlarının tibbi-ekogeokimyəvi rayonlaşdırılmasında onların geokimyəvi xüsusiyyətləri ilə yanaşı həm elementar, həm də geokimyəvi landşaftların formalaşmasına təsir edən digər fiziki-coğrafi amillər də nəzərə alınmışdır.

Müxtəlif vaxtlarda və ərazilərdə landşaftların geokimyəvi təsnifatı və rayonlaşdırılması məsələləri ilə N.İ.Bazileviç, A.B.Qedımin, M.A.Qlazovskaya, M.M.Yermolayev, Y.V.Markov, A.İ.Perelman, Y.V.Şarkov, A.S.Milyayev, N.P.Solntseva, B.F.Mitskeviç, Y.Y.Suşçik və başqaları məşğul olmuşlar.

Landşaftların geokimyəvi xüsusiyyətləri atomların miqrasiyası ilə müəyyənləşdiyindən, təbii ki, təsnifat da miqrasiyanın xüsusiyyətlərinə əsaslanmalıdır. Landşaftların geokimyəvi təsnifatına dair B.B.Polınovun (1956) irəli sürdüyü bir sıra prinsipial mülahizələr 50-ci illərdən sonra A.İ.Perelman (2000) və M.A.Qlazovskaya (1988) tərəfindən işlənib təkmilləşdirilmişdir.

Respublikamızın ərazisindəki landşaftların tibbi-ekogeokimyəvi xüsusiyyətlərinin öyrənilməsində, eləcə də "Tibbi-ekogeokimyəvi landşaft xəritəsi"nin tərtibi zamanı biz, əsasən, A.İ.Perelmanın (2000) və M.A.Qlazovskayanın (1988) landşaftların geokimyəvi təsnifatı və rayonlaşdırılmasına dair təklif etdikləri prinsipləri rəhbər tutmuş, ərazinin yerli xüsusiyyətlərindən asılı olaraq digər müəlliflərin də (Museibov, 2003) rayonlaşmaya dair bəzi mülahizələrini nəzərə almışıq. A.İ.Perelmanın təsnifatında geokimyəvi landşaftlar miqrasiyanın növünə görə sıralara, bioloji kütlənin həcminə görə qruplara, bioloji məhsuldarlığın biokütləyə nisbətinə görə tiplərə, kimyəvi elementlərin miqrasiya şəraitinə görə cinslərə ayrılır. Bizim də qəbul etdiyimiz bu təsnifatda landşaftda atomların miqrasiyası ilə əlaqədar bütün landşaftlar mövcud şəraitdə daha üstün olan miqrasiyanın növündən asılı olaraq biogen və abiogen olmaqla iki sıraya bölünür. Respublikamızın ərazisindəki nival-subnival landşaftlar abiogen landşaftlar sırasına, qalan landşaftlar isə biogen miqrasiyanın üstünlüyü ilə əlaqədar olaraq biogen landşaftlara aid edilmişdir.

Abiogen landşaftların əsas fərqləndirici xüsusiyyəti bu landşaftlarda elementlərin biogen miqrasiyasının praktik olaraq mövcud olmamasıdır. Azərbaycan ərazisindəki abiogen landşaftlar yüksək dağlıqda torpaq-bitki örtüyündən məhrum olan aşınma prosesinin geniş fəaliyyət göstərdiyi çılpaq qayalıqları əhatə edir.

Abiogen landşaftlardan fərqli olaraq, biogen landşaftlarda elementlərin bioloji dövranı fasiləsiz olaraq davam edir və burada elementlərin miqrasiyasında başlıca rolu biogen miqrasiya oynayır; mexaniki və fiziki-kimyəvi miqrasiya isə ikinci dərəcəli əhəmiyyət kəsb edir. Biogen landşaftların bölünməsi elementlərin bioloji dövrandakı xüsusiyyətlərinə və aparıcı miqrasiya növünə əsaslanır. Bioloji kütlənin illik məhsulun miqdarına olan nisbətinin dəyişməsindən asılı olaraq (Родин, Базилевич, 1965) müxtəlif landşaft tipləri ayrılır (2-ci şəkil).

Landşaft yaradan amillərin, eləcə də oksigen, hidrogen, karbon və azot kimi əsas hava miqrantlarının bioloji dövranının xüsusiyyətlərinin təsiri altında Azərbaycan Respublikası ərazisində nival-subnival, yüksək dağ-çəmən, dağ-meşə, çöl və yarımsəhra landşaftları formalaşmışdır.

Tədqiqatın məqsədinə müvafiq olaraq ayrı-ayrı landşaft qurşaqlarında mövcud geokimyəvi şəraitin insan sağlamlığına təsiri araşdırılmış, müxtəlif landşaft tipləri üçün daha çox səciyyəvi olan xəstəliklər, xüsusi ilə mikroelementlərin anomal konsentrasiyasının təsirindən yaranan xəstəliklər və onların yayılma dərəcəsi müəyyənləşdirilmişdir.

Yüksək dağlığın alp və subalp çəmənlikləri, eləcə də orta dağlığın enliyarpaqlı meşələri və kserofit landşaftlarında diş kariyesi, endemik zob və flyuoroz xəstəliklərinin çox geniş, onkoloji xəstəliklərin geniş, əsəb xəstəliklərinin az yayılmış xəstəliklər olduğu aşkar edilmişdir ki, bu da həmin landşaftlarda orqanizm üçün çox vacib olan yod və ftor kimi mikroelementlərin çatışmaması, mis, sink, qurğuşun kimi konserogen mikroelementlərin izafi miqdarda olması ilə əlaqələndirilir.

TİBBİ-EKOGEOKİMYƏVİ LANDŞAFTLAR

| GEOKİMYƏVİ LANDŞAFTLAR | | |

Dağətəyi enliyarpaqlı meşə landşaftlarında yod və ftor çatışmazlığının nisbətən azalması burada endemik zob və diş kariyesi xəstəliklərinin çox geniş yayılmış xəstəliklərdən geniş yayılmış xəstəliklər səviyyəsinə enməsinə gətirib çıxarır, dağətəyi arid meşə-kol landşaftlarında və bu landşaftlardan hipsometrik cəhətdən aşağıda yerləşən çöl və yarımsəhra landşaftlarında həmin xəstəliklərə, demək olar ki, təsadüf edilmir.

Mis, vanadium, bor, stronsium, molibden, qurğuşun və ftorun konsentrasiyasının yüksək olduğu çöl landşaftlarında konyuktivit, hipertoniya, brusellyoz və dizenteriya xəstəliklərinin az yayılmış, malariya və tənəffüs yolları xəstəliklərinin geniş yayılmış xəstəliklər olması aşkar edilmişdir.

Dağətəyi yarımsəhra və dağarası düzənliklərin yarımsəhra landşaftları respublikamizin ərazisində, əsasən, akkumulyasiya sahəsində yerləşdiyindən bu landşaftlarda mis, sink, qurğuşun, bor, molibden, vanadium, civə və stronsium kimi toksik və konserogen mikroelementlərin daha çox toplanması belə anomaliyalarda onkoloji xəstəliklərin, ürək-damar və tənəffüs yolları xəstəliklərinin çox geniş yayılması ilə nəticələnir.

Araşdırmalar nəticəsində Azərbaycan ərazisi üçün daha çox səciyyəvi olan dizenteriya, brusellyoz, hipertoniya və konyuktivit xəstəliklərinin respublikamizda az, yayılmış, malyariya, flyuoroz, tənəffüs yolları və əsəb xəstəliklərinin geniş, endemik zob, diş kariyesi və onkoloji xəstəliklərin isə çox geniş yayılmış xəstəliklər olduğu müəyyən edilmişdir.

Tədqiqatlarımızın yekunu olaraq ayrı-ayrı landşaft tipləri üçün səciyyəvi olan xəstəliklərlə müxtəlif mikroelementlərin konsentrasiyası arasında korrelyativ əlaqə müəyyənləşdirilmiş və bütövlükdə respublika ərazisi üçün tibbi-ekogeokimyəvi landşaft xəritəsi tərtib edilmişdir.

Müxtəlif landşaft qurşaqları üçün daha çox səciyyəvi olan xəstəliklərin və bu xəstəliklərin yaranmasına səbəb olan anomaliyalardakı çatışmayan və konsentrasiyası yüksək olan mikroelementlərin əyani şəkildə təsvir edildiyi bu xəritədə çox geniş yayılmış xəstəliklər kvadratlar, geniş yayılmış xəstəliklər üçbucaqlar, az yayılmış xəstəliklər isə "ulduzcuqlar" kimi şərti işarələrlə göstərilmişdir.

Landşaft tipləri daxilində kimyəvi elementlərin miqrasiya şəraitinə görə ayrılmış allüvial (AL), transallüvial (TA), superakval (SA), transakkumulyativ (TAk) və akkumulyativ (Ak) geokimyəvi landşaftlar xəritədə müvafiq simvolik işarələrlə verilmişdir. Surətdə izafi, məxrəcdə isə çatışmayan (defisit) mikroelemenrtləri əyani şəkildə təsvir edən geokimyəvi formulalar müxtəlif landşaft tipləri daxilində aşkar edilmiş anomaliyalardakı ekogeokimyəvi şəraiti xəritənin legendasında daha aydın görməyə imkan yaradır (2-ci şəkil).

Ölkəmizdə ilk dəfə nəşr edilən, məzmununa görə öz orijinallığı ilə seçilən bu xəritədən respublikanin müxtəlif səhiyyə təşkilatlarının, Təbii Sərvətlər və Ekologiya Nazirliyinin landşaftların ekoloji şəraitinin daha da yaxşılaşdırılması-sağlamlaşdırılması məqsədi ilə aparacağı tibbi və ekomeliorativ tədbirlərin həyata keçirilməsində istifadə oluna bilər. Ekologiya və tibbi coğrafiya sahəsində çalışan coğrafiyaçıların, bioloqların, kimyaçıların və başqa ixtisas sahiblərinin, bir sözlə, geniş elmi ictimaiyyətin marağına səbəb ola biləcək bu xəritədən universitetlərin müvafiq fakültələrinin müəllim və tələbələri də müxtəlif məqsədlərlə istifadə edə bilərlər.

Ümidvarıq ki, bu istiqamətdə davam etdiriləcək elmi tədqiqatlar respublikamizin ərazisində mövcud olan geokimyəvi anomaliyalarda məskunlaşmış əhalinin daha sağlam və gümrah yaşaması naminə landşaftların geokimyəvi şəraitinin optimallaşdırılması üçün meliorativ tədbirlərin həyata keçirilməsi ilə nəticələnəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

BUDAQOV, B.Ə., ƏHMƏDOV, Ə.H., RÜSTƏMOV, Q.İ., QƏHRƏMANOV, A.İ. 2000. Azərbaycanın geokimyəvi landşaft xəritəsi. Bakı.

БАЗИЛЕВИЧ, Н.Г., РОДИН, Л.Е. 1965. Динамика органического вещества и биологический круговорот зональных элементов и азота в основных типах растительности Земного шара. Москва.

БУДАГОВ, Б.А. 1973. Ландшафтная карта Азерб. ССР. *Изв. АН. Азерб. ССР. сер. Науки о Земли,* 6.

БУДАГОВ, Б.А. 1988. Современные естественные ландшафты Азербайджанской ССР. Элм. Баку.

ГЛАЗОВСКАЯ, М.А. 1988. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. Высшая школа.

МИЦКЕВИЧ, Б.Ф., СУЩИК, Ю.Я. 1981.Основы ландшафно-геохимического районирования. Наукова думка. Киев.

МУСЕИБОВ, М.А. 2003. Ландшафты Азербайджанской Республики. БГУ. Баку.

ПЕРЕЛЬМАН, А.И. Геохимия ландшафта. Астрея-2000. Москва.

ПОЛЫНОВ, Б.Б. 1956. *Избранные труды*. Москва.

ШАРКОВ, Ю.В., МИЛЯЕВ, А.С. 1971. К вопросу о комплексной методике поисков в горных районах. Москва.

© Э.Д.Керимова, 2009

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА БОЗДАГ-ГОБУ

Э.Д.Керимова

Институт географии им. акад. Г.А. Алиева НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 31

В статье впервые дается сравнение ландшафтных комплексов вулкана Бождаг-Гобу за определенный период времени (1972-2007 гг.). Анализируются изменения, произошедшие в структуре его ландшафтов за прошедшие 35 лет, приводятся факторы, повлиявшие на формирование современного ландшафтного облика данного грязевого вулкана.

Введение

Ландшафты грязевых вулканов благодаря специфичности условий своего образования являются нестабильными, динамичными природными геосистемами, которые формируются на фоне относительно устойчивых фоновых естественных ландшафтов, развитых в данном регионе. Это связано с тем, что доминантные ландшафты территорий, прилегающих к грязевым вулканам, сформировались за относительно длительное время, в то время как грязевулканические формы рельефа и соответственно их ландшафты являются более молодыми образованиями, подвергающимися частым изменениям в связи с периодическими извержениями и обновлениями материалов, слагающих данные ландшафты (Будагов, Микаилов, 1988).

Периодичность извержений, возраст брекчий, высота, крутизна и экспозиция склонов приводит к внутренней дифференциации ландшафтных геосистем грязевых вулканов.

С начала нового тысячелетия наблюдается сильная активизация деятельности грязевых вулканов в Азербайджане как на суше, так и в море. Подобная активизация вулканической деятельности уже наблюдалась и в прошлом веке, в частности в 1926, 1970, 1986, 1988 годах, когда фиксировалось более шести, а в 1988 г. даже девять извержений (Алиев и др., 2002). В Азербайджане каждый год происходит по 2-5 извержений грязевых вулканов.

Естественно, что такое активное пробуждение грязевулканической деятельности не может не сказаться на изменении ландшафтной структуры грязевых вулканов. Как известно, периодически повторяющиеся мощные вулканические извержения покрывают поверхность предыдущих потоков новым наносом мощностью от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. Таким образом происходит «омоложение» ландшафтов, т.е. погребение почв с образовавшимися ранее генетическими горизонтами. В результате такого неоднократного повторения формируется относительно сложный, слоистый, полигенетический профиль, состоящий из нескольких наложенных друг на друга элементарных профилей. На свежем покрове вулканических отложений начинается новое ландшафтообразование (Ахмедов, 1985).

Постановка задачи

В данной статье предпринята попытка дать сравнительную характеристику изменений, произошедших в структуре ландшафта грязевого вулкана Бождаг-Гобу за определенный период времени. Тем самым на примере этого вулкана прослеживается динамика изменения ландшафтных комплексов грязевых вулканов во времени.

Основой для сравнения послужил период с 1972 по 2007 гг. Этот интервал времени был выбран ввиду того, что воздействие грязевых вулканов на формирование и дифференциацию естественных ландшафтов окружающих территорий, геохимические харак-

теристики, особенности формирования специфических грязевулканических ландшафтов, влияние грязевых вулканов на изменение экологического состояния района их распространения и т.д. впервые комплексно были исследованы в ходе экспедиции, проведенной в 1972 г. Будаговым Б.А., Микаиловым А.А., Омаровой Х.И.

Современный же этап исследований ландшафтов грязевых вулканов был основан на материалах проведенных маршрутно-полевых ландшафтных исследований, а также интерпретации данных, полученных в результате ландшафтного дешифрирования космоснимков данного вулкана за 2007 год.

Результаты исследований

Грязевой вулкан Боздаг-Гобу расположен в 2-х км к северу, северо-востоку от селения Гобу и в 15 км на северо-запад от г. Баку. Вулкан, достигая 253 м абсолютной высоты и простираясь в широтном направлении, занимает центральную часть одноименной возвышенности. Этот вулкан – один из крупнейших действующих вулканов Абшерона. С юга и севера вулкан окружен относительно вогнутыми котловинами. Его относительная высота над ними составляет 150-170 м. Высота вулкана на востоке и на западе постепенно снижается, переходя в наклонное плато. Вулкан образован двумя группами сопочных полей. Одна из них расположена в 3 км к северу от с. Гобу на одноименной высоте, другая – в 1 км к востоку от вулкана.

В геологическом строении вулкана Боздаг-Гобу встречаются отложения палеоген-миоценового возраста. На поверхности много твердых выбросов пород, среди которых отмечаются кривослойные серые песчаники, зеленовато-серые слоистые глины эоцена, светло-серые сланцы и мергели олигоцен-миоцена. Также очень редко встречаются породы верхнего мела. В вулканической брекчии тоже преобладают отложения палеогена и миоцена. Здесь еще распространены жирные серо-голубые глины эоценового периода и мергели олигоцена и миоцена (Якубов и др., 1971).

В тектоническом отношении грязевой вулкан находится на месте пересечения двух антиклинальных структур. Одна из этих структур – Шабандагская, простирается на юго-восток, а другая, Хырдалан-Бинагадинская − на север (Якубов и др., 1971).

Первое зафиксированное в научной литературе извержение данного вулкана произошло в 1827 г, последующие были в 1894, 1902, 1953, 1957 гг.

По состоянию на 1972 г. внешний облик вулкана был сформирован в результате извержения 27 августа 1957 г. Во время данного извержения потоки брекчии были направлены на северо-запад, север. Брекчией была покрыта площадь в 15 га. Толщина брекчиевого покрова в центральной части составляла 1,5-2 м, на периферии – 0,5-0,2 м.

По подсчетам А.А.Якубова и др. (1971) объем изверженной массы за 1957 г. достигал 9 тыс. $м^3$. Общая площадь, занятая излившейся брекчией, достигала 437 га. Средняя толщина брекчиевого покрова – 80 м, объем брекчиевой массы – около 350 млн. $м^3$.

Грязевой вулкан и сопредельные территории расположены в пределах климатической зоны полупустынь и сухих степей. Его рельеф сформировался и развивается под воздействием интенсивных аридно-денудационных процессов. Как и на остальных вулканах, здесь также наблюдается различие между фоновыми ландшафтами окружающих территорий и ландшафтами, сформированными на вулканических брекчиях. На участках, окружающих грязевой вулкан, на сероземно-бурых, светло-каштановых почвах развиваются полупустынные ландшафтные комплексы с полынной и густой, высокорослой эфемеровой растительностью. На самом же грязевом вулкане, на поверхности его брекчии в зависимости от ее состава и возраста растительный покров развивается неодинаково и характеризуется разным видовым составом. Извержение 1957 г. полностью уничтожило растительность в кратерной части вулкана. Ландшафты относительно молодых брекчий на слаборасчлененных склонах вулкана были представлены кенгизовой, кенгизово-карагановой, эфемеровой растительностью на

глинистых брекчиевых почвах, а на древних брекчиях, распространенных на нерасчлененных, слаборасчлененных и слабонаклонных склонах были развиты полынные, полынно-эфемеровые и кенгизовые сообщества полупустынного геокомплекса.

Природные ландшафтные комплексы с доминирующими растениями-эфемерами (козлец, маки, колосковые и т.д.), полынью и кенгизом на сероземных, сероземно-бурых почвах занимают обширные площади на участках вулкана с относительно древним рельефом.

На территориях, прилегающих к грязевому вулкану, развиты ландшафты аридно-денудационных низкогорий, представленные на ровных нерасчлененных, наклонных привулканических равнинах полынно-кенгизовыми, полынными и эфемеровыми ландшафтами на сероземных глинистых, солонцевато-сероземных почвах, а на относительно крутых слаборасчлененных склонах – комплексами с разреженно кенгизовой, полынной растительностью на смытых сероземных и солонцевато-сероземных почвах.

Ландшафтные комплексы грязевого вулкана и во время его исследования в 1972 г., и сейчас используются преимущественно в качестве зимних и весенних пастбищ. А низкие равнины, расположенные между Гюздекским плато и вулканом Боздаг-Гобу, заняты под богарное земледелие, а также под пастбищные угодья. К северу от села Гюздек на равнинах со светло-каштановыми почвами выращиваются зерновые.

После 1972 г. Боздаг-Гобу извергался 4 раза – в 1974, 1986, 1987, 1999 гг. На момент нашего полевого исследования конус вулкана представлял собой результат последнего извержения, произошедшего в июле 1999 г.

В результате данного извержения заметно изменилась кратерная часть вулкана (рис. 1). На ней явно заметны следы взрывной деятельности, сопровождавшей последнее извержение вулкана Боздаг-Гобу. Кратер вулкана полностью заполнен глыбовым брекчиевым покровом с высотой глыб до 1,5-2 м, раздробленным крупными трещинами. На склоне также образовались крупные и глубокие трещины, одна из которых протяженностью около 1200 м. Современный кратер имеет круглую форму, окружен прежним кратерным валом. Новый материал извержения охватывает центральную часть кратера и находится на расстоянии примерно 40-50 м от старого кратерного вала. Западные, южные и юго-западные прикратерные части характеризуются более высоким рельефом.

Поток последнего извержения вулкана Боздаг-Гобу был направлен преимущественно на север, северо-восток и излился на значительное расстояние. Толщина свежего брекчиевого материала здесь составляет порядка 2-2,5 м.

Он имеет светло-серый цвет, на его поверхности за прошедшие 10 лет со дня последнего извержения наблюдается некоторое развитие почвенно-растительного покрова.

Склоны вулкана, покрытые молодой брекчией, преимущественно слабо расчленены, ландшафты находятся на начальных стадиях формирования, и их растительный покров в основном образован кенгизом, караганом и эфемерами на засоленных брекчиевых почвах. На ровных участках зимой скапливаются поверхностные воды, образуя незначительные озерца, которые летом испаряются, и на их месте формируются такырообразные грунты. Молодая брекчия покрывает западные, северо-западные, северные и восточные склоны вулкана Боздаг-Гобу.

Ландшафты древней брекчии развиты преимущественно в средней части северных, северо-восточных, юго-восточных, южных склонов вулкана. Они интенсивно расчленены овражно-балочной сетью и представлены полынно-эфемеровой, кенгизовой растительностью на сероземных, солонцеватых брекчиевых почвах. Южные склоны характеризуются большей крутостью и расчленением слабого и среднего характера. По представленным растительным сообществам (кенгиз, эфемеры, на более увлажненных участках – молодые кусты тамариска) они уже практически не отличаются от фоновых ПТК местности.

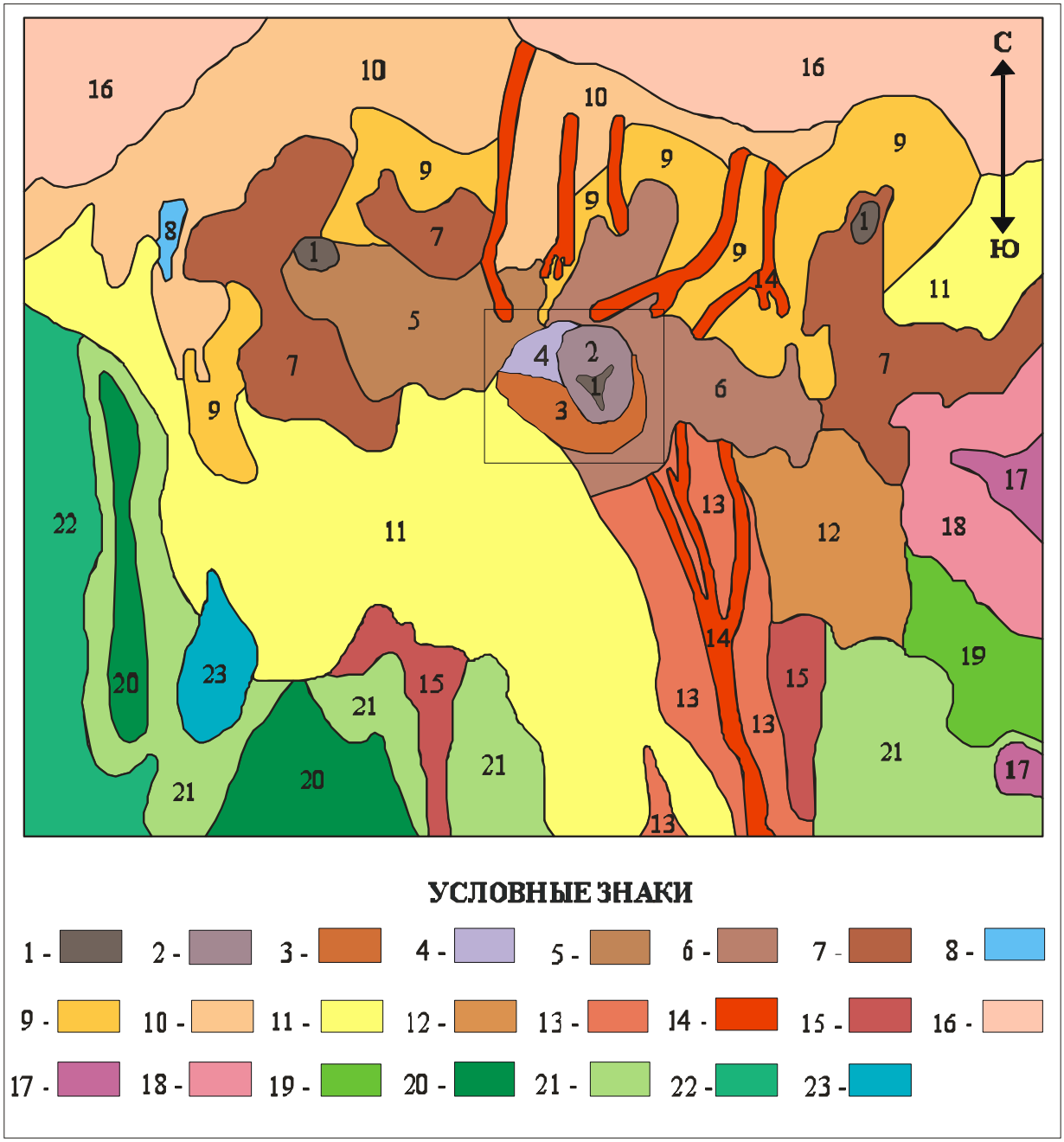


Рис. 1. Ландшафтная карта грязевого вулкана Бождаг-Гобу и прилегающих к нему территорий (2007 г.). По материалам Микаилова, (1972) и результатам полевых исследований автора

ЛЕГЕНДА К ЛАНДШАФТНОЙ КАРТЕ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА БОЗДАГ-ГОБУ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ (2007 г.)

А. Ландшафты грязевого вулкана

Ландшафты свежей брекчии

1. Современные брекчиевые потоки и грифоны (действующие) на расчлененной, лишенной растительного покрова кратерной и прикратерной части вулкана (2007 г.);
2. Относительно закрепленные брекчиевые потоки последнего извержения в кратере вулкана, лишенные растительного покрова;
3. Расчлененный, местами разрушенный кратерный вал с редкими кустами шведки и карагана;

4. Нерасчлененные и слаборасчлененные брекчиевые потоки на склонах кратера вулкана с редкими кустами жирной солянки и шведки.

Ландшафты молодой брекчии

5. Слаборасчлененные склоны вулкана с кенгизом, караганом и эфемерами;
6. Нерасчлененные склоны вулкана с различными эфемерами, полынью и верблюжьей колючкой на брекчиевых потоках;
7. Слаборасчлененные холмисто-волнистые склоны вулкана с кенгизом, полынью и эфемерами;
8. Временные озера на слаборасчлененных вулканических склонах.

Ландшафты древней брекчии

9. Слаборасчлененные отвесные склоны вулкана с полынной, эфемеровой, кенгизовой растительностью;
10. Слаборасчлененные слабонаклонные склоны вулкана с полынной, кенгизовой, эфемеровой растительностью;
11. Нерасчлененные пологие склоны вулкана, покрытые брекчиевыми потоками с полынной, кенгизовой, эфемеровой растительностью;
12. Слаборасчлененные склоны с кенгизом, полынью;
13. Слаборасчлененные отвесные склоны с кенгизом, полынью;
14. Среднерасчлененные обрывистые склоны с эфемерами и полынью;
15. Нерасчлененные холмисто-волнистые склоны с кенгизовой, полынной, эфемеровой растительностью;

Ландшафты наклонных (пролювиальных) равнин

16. Нерасчлененные пролювиальные брекчиевые равнины с кенгизом, полынью, эфемерами на тяжелоглинистых серых почвах.

Б. Ландшафты территорий, прилегающих к грязевому вулкану

Ландшафты аридно-денудационных низкогорий

17. Нерасчлененные ровные водоразделы с полынной, кенгизовой, эфемеровой растительностью на серых глинистых почвах;
18. Слаборасчлененные крутые склоны с полынной, кенгизовой растительностью на смытых серых почвах.

Ландшафты предгорных равнин

19. Слаборасчлененные наклонные склоны с кенгизом и полынью на солонцевато-серых почвах;
20. Нерасчлененные холмисто-волнистые равнины с полынной растительностью на солонцевато-серых почвах;
21. Нерасчлененные наклонные равнины с полынной, кенгизовой, эфемеровой растительностью на солонцевато-серых почвах;
22. Нерасчлененные наклонные ровные равнины с полынной, кенгизовой, эфемеровой растительностью;
23. Солончаки в неглубоких впадинах на нерасчлененных ровных равнинах.

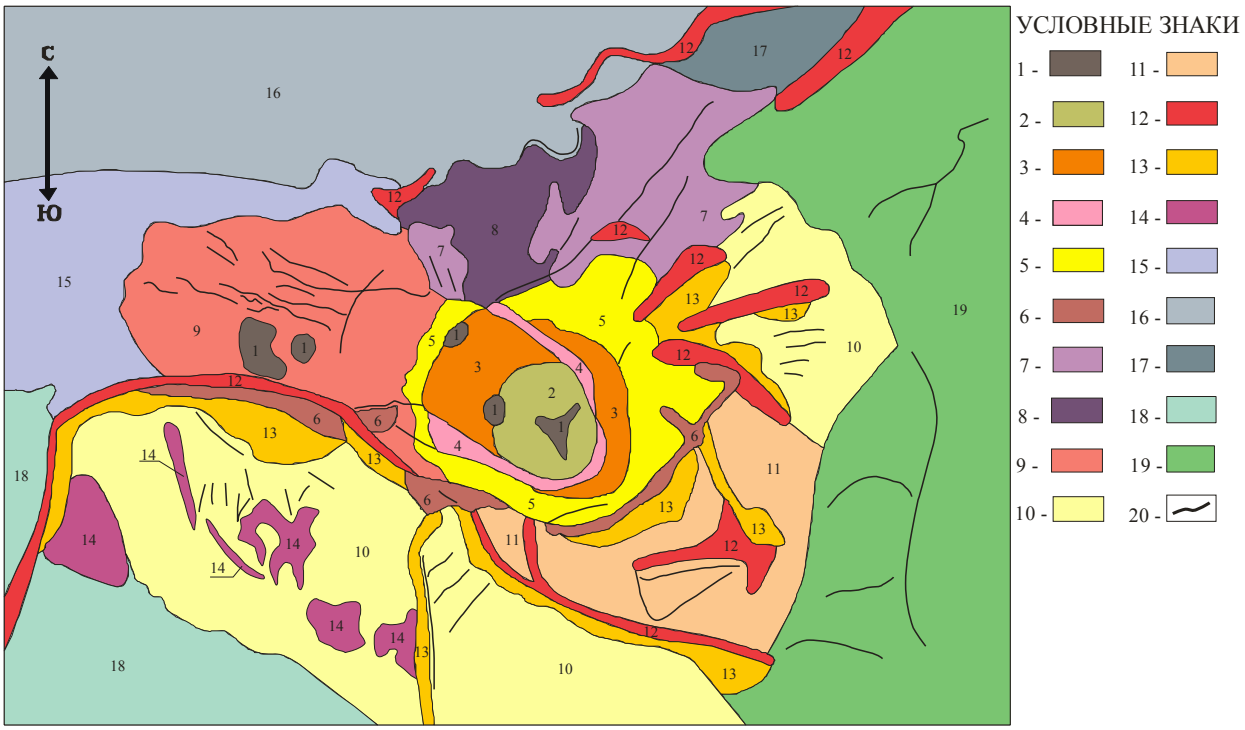


Рис. 2. Фрагмент ландшафтной картосхемы грязевого вулкана Бождаг-Гобу и прилегающих к нему территорий на основе дешифрирования КС (2007 г.)

ЛЕГЕНДА К ФРАГМЕНТУ ЛАНДШАФТНОЙ КАРТОСХЕМЫ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА БОЗДАГ-ГОБУ И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НЕМУ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КС (2007 г.)

Ландшафты свежей брекчии

1. Современные брекчиевые потоки и грифоны (действующие) на расчлененной, лишенной растительного покрова кратерной и прикратерной части вулкана;
2. Относительно закрепленные брекчиевые потоки последнего извержения в кратере вулкана, лишенные растительного покрова;
3. Нерасчлененные и слаборасчлененные брекчиевые потоки на склонах кратера вулкана с редкими кустами жирной солянки и шведки;
4. Расчлененный, местами разрушенный кратерный вал с редкими кустами шведки и карагана;
5. Расчлененные сильно вымытые брекчиевые материалы (глины) в приподошвенной части кратера вулкана с редкой солянковой растительностью;
6. Практически нерасчлененные зоны аккумуляции брекчиевого материала в подошвенной части конуса с редкой солянковой растительностью и караганом;
7. Среднерасчлененные свежие потоки брекчии на склонах вулкана с разреженной солянковой растительностью;
8. Практически нерасчлененные потоки свежей брекчии на склонах вулкана с редкими кустарниками жирной солянки и шведки.

Ландшафты молодой брекчии

9. Интенсивнорасчлененные склоны вулкана с карагановой, полынной и эфемеровой растительностью;
10. Сильнорасчлененные молодой овражно-балочной сетью склоны вулкана с полынной, кенгизовой, эфемеровой растительностью;
11. Нерасчлененные и слаборасчлененные наклонные склоны с полынной, кенгизовой растительностью на тяжелоглинистых брекчиевых почвах;
12. Отвесные и обрывистые склоны вулкана, лишенные растительного покрова;
13. Слабо- и среднерасчлененные склоны, сложенные смытым брекчиевым материалом с полынно-кенгизовой растительностью;
14. Слаборасчлененные холмисто-волнистые склоны с относительно хорошо развитой кенгизовой, полынной и эфемеровой растительностью;
15. Нерасчлененные и слаборасчлененные склоны вулкана с относительно хорошо развитой солянковой растительностью, с развитыми на их фоне антропогенно-нарушенными ландшафтами.

Ландшафты древней брекчии

16. Слаборасчлененные холмисто-волнистые равнины с относительно хорошо развитой кенгизовой и эфемеровой растительностью на смытых брекчиевых почвах, с развитыми на их фоне антропогенно-нарушенными ландшафтами;
17. Нерасчлененные ровные равнины в неглубоких плоскодонных впадинах с относительно хорошо развитой кенгизовой, полынной и эфемеровой растительностью;
18. Нерасчлененные ровные равнины с хорошо развитой полынно-эфемеровой растительностью;
19. Среднерасчлененные склоны с хорошо развитой эфемеровой растительностью с развитыми на их фоне антропогенно-нарушенными ландшафтами;
20. Крупные трещины.

Выводы и заключение

Таким образом, из сравнительного анализа ландшафтных комплексов, покрывавших вулкан на момент его исследования Будаговым Б.А., Микаиловым А.А. и Омаровой Х.И. в 1972 году, и ландшафтов, развитых в настоящее время, можно сделать следующие выводы:

1. За прошедший период серьезному изменению подверглась в основном кратерная часть вулкана, сложенная свежей брекчией (рис. 2). Как и во время извержения 1957 года, так и во время последнего извержения 1999 года потоки свежей брекчии изливались главным образом в одном направлении – северном. Поэтому именно на этих склонах отсутствует такая составляющая ландшафта, как растительность. Ее формированию препятствуют сильно засоленные брекчии. И, по-видимому, прошедшие 10 лет со дня последнего извержения вулкана Бождаг-Гобу являются слишком небольшим сроком в аридных климатических условиях Абшерона для начала ее формирования.

2. Ландшафты молодой брекчии изменены слабо. Если учитывать, что молодой брекчией считается брекчия возрастом до 100 лет (по классификации Будагова, Микаилова, 1972, 1988), то в видовом составе растительности существенных изменений не наблюдается. Возможно, благодаря большему рассолению брекчий за прошедший период времени за рассматриваемый отрезок времени увеличилась доля негалофитных растительных сообществ, таких как эфемеры, а также увеличилась плотность растительного покрова.

3. В силу своего значительного возраста (порядка нескольких столетий) ландшафты древних брекчий по своим характеристикам в основном схожи с окружающими полупустынными ландшафтами территории.

В пределах ареалов древних брекчий, как правило, уже очень мало солянковой растительности, так как брекчиевый субстрат интенсивно смыт и рассолен. Это благоприятствует широкому распространению на них эфемерового разнотравья.

4. Основным и самым существенным катализатором изменения современной не просто ландшафтной, а в целом экологической ситуации вокруг вулкана является антропогенный фактор. Как известно, за последние годы в силу определенных экономико-политических процессов в республике в целом на Абшероне сильно увеличилась численность населения, возникло много новых населенных пунктов, расширились старые. Так и в районе грязевого вулкана Боздаг-Гобу на прилегающих к нему равнинах появился новый поселок. Его застройка, начинаясь недалеко от северных подножий вулкана, сейчас уже приблизилась к кратерной части. Такое строительство, помимо чисто физической угрозы для жителей данного поселка, несет и экологическую угрозу самому вулкану. Во время проведенной экспедиции мы наблюдали в районе несколько котлованов в старой кратерной части, оставшихся после вывоза брекчии. Склоны вулкана сильно замусорены, на них организованы свалки бытового мусора. Очевидно, что человеческая деятельность здесь будет только увеличиваться. Такая возросшая и неконтролируемая антропогенная нагрузка не может не создавать угрозы как для окружающих грязевой вулкан полупустынных ландшафтов, характеризующихся своей слабой устойчивостью к воздействиям и длительным периодом восстановления, так и для уникальных ландшафтов самого грязевого вулкана.

Вулкан Боздаг-Гобу включен в список вулканов, подлежащих охране и входящих в состав Государственного Природного Заповедника группы грязевых вулканов, который должен быть создан по распоряжению Президента АР И.Алиева. С организацией данного заповедника есть надежда на положительное решение возникших в настоящее время экологических проблем.

ЛИТЕРАТУРА

АЛИЕВ, Ад.А., БАЙРАМОВ, А.А., БЕЛОВ, И.С. и др. 2002. Активизация грязевых вулканов в новом тысячелетии. *Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле*. 1, 99-104.

АХМЕДОВ, А.Г. 1985. Грязевые вулканы и окружающая среда. Знание. Баку. 50.

БУДАГОВ, Б.А., МИКАИЛОВ, А.А. 1988. Современные естественные ландшафты Азербайджанской ССР. Элм. Баку. 136.

БУДАГОВ, Б.А., МИКАИЛОВ, А.А., ОМАРОВА, Х.И. 1972. Ландшафты районов развития грязевых вулканов Азербайджана. *Фонд Ин-та географии НАН Азербайджана*. Баку. 291.

ЯКУБОВ, А.А., АЛИЗАДЕ, А.А., ЗЕЙНАЛОВ, М.М. 1971. Грязевые вулканы Азербайджанской ССР. Атлас. Изд-во АН Аз. ССР. Баку. 258.

Рецензент: д.г.н. Э.К.Ализаде

© Ф.А.Иманов, Н.И.Гасанова, 2009

РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ НА РЕКАХ БАССЕЙНА р. ГАНЫХ (в пределах Азербайджана)

Ф.А.Иманов, Н.И.Гасанова

Бакинский государственный университет
AZ1143, Баку, ул. З.Халилова, 23

В данной работе на примере рек бассейна р. Ганых, где максимальные в году расходы воды формируются за счет дождевых осадков, выполнен расчет предельно возможных максимальных расходов воды редкой обеспеченности на основе совместного использования многолетних данных как гидрологических наблюдений, так и осадков редкой повторяемости. Показано, что подобный подход вполне эффективен в расчетах дождевых максимальных расходов воды горных рек.

Паводки – естественные природные явления, которые происходят все время и от которых никогда не возможно полностью защититься. В связи с наводнениями на реках, освоением горных территорий и использованием водных ресурсов для удовлетворения растущих потребностей сельского хозяйства, гидроэнергетики, промышленности и других нужд возникает необходимость усовершенствования методики и повышения точности расчета максимальных расходов воды. Расчеты максимального стока являются основой долгосрочных мер по защите от наводнений. Характеристики паводочного стока – максимальные расходы редкой обеспеченности, объем и форма гидрографа – определяют размеры водопропускных сооружений, их стоимость и безопасность.

Как отмечено в работах (Лобанов, Рождественский, 2004; http://planet.utp.ru/miq/abut.html), в настоящее время при строительном проектировании для расчета максимальных расходов воды различной обеспеченности используют два подхода. В первом случае при наличии рядов гидрометеорологических наблюдений задача сводится к выбору статистической схемы, устанавливающей закон распределения имеющейся выборки, определению параметров этого распределения и вычислению характеристик максимального стока заданной вероятности. В качестве основы расчетных построений принимают кривые обеспеченности (Доброумов, Лютик, 1980).

В другом случае в качестве обеспеченных величин принимается максимально возможный расход воды, который определяется по неблагоприятному сочетанию факторов формирования максимального стока. Чаще всего определение предельно возможного значения максимального расхода воды осуществляется по предельному максимуму осадков (теоретически или по совокупности рядов наблюдений за осадками в однородном районе) (Лобанов, Рождественский, 2004).

Каждый из подходов имеет свои преимущества и недостатки. В строительном проектировании при наличии гидрометеорологических данных обычно не используется дополнительная информация. К недостаткам можно отнести и ограниченность ряда наблюдений. При втором подходе для определения предельно возможного максимума осадков используются два пути:

1) устанавливается однородный район с одинаковыми условиями формирования осадков и по всем многолетним рядам наблюдений выбирается наибольшее значение максимальных осадков, которое принимается в качестве предельно возможного;

2) теоретически оценивается предельно возможный объем водяного пара в облаке, формирующий наибольшие ливневые осадки.

Преимущество данного подхода состоит в том, что он позволяет установить предельные значения максимальных расходов на основе теоретического представления и анализа фактически наблюдаемых осадков. Недостатками данного подхода является то, что условно принимаются гипотеза эргодичности, стационарность и однородность данных наблюдений за

максимальными осадками в пространстве и во времени. Предельный максимум осадков не остается постоянной величиной, т.к. зависит от продолжительности наблюдений и новой информации. Значение обеспеченности для предельно возможного максимального расхода воды не определяется, когда фактически оно должно существовать. Поэтому точность гидрологических расчетов в значительной мере зависит как от объема, так и от качества гидрометеорологической информации.

Указанные методы расчета носят чисто условный характер, т.к. в зависимости от наличия той или иной гидрометеорологической информации во многих странах используются оба подхода. В ряде случаев оба эти подхода применяются независимо. Получаемые результаты при этом часто различаются (Мамедов, 1989; Соколова и др., 1978).

В работе (Лобанов, Рождественский, 2004) представлена теоретическая основа для объединения этих двух подходов. Если для предельного максимума расходов воды выявить его повторяемость, в результате принципиально изменится методика гидрологических расчетов, т.к. появится возможность перейти от экстраполяции, как менее точного, к интерполяции, как более эффективному подходу.

Предлагаемая методика интерполяции позволяет использовать все виды имеющейся информации, в том числе исторические данные об исторически максимальных уровнях и расходах воды.

Совместное использование обоих подходов дает меньшие погрешности, чем применение каждого в отдельности. При этом погрешности уменьшаются за счет процедуры интерполяции. Если при расчетах будут использоваться исторические максимумы и уровни, то эта методика будет объединять все существующие на настоящий момент в гидрологии другие подходы.

Представленная в работе (Лобанов, Рождественский, 2004) теоретическая основа обобщенного статистического подхода рассмотрена на конкретном примере рек бассейна р. Ганых. Максимальные в году расходы воды в этом бассейне формируются за счет дождевых осадков. Площади водосборов изучаемых рек не превышают 200 км^2. Для анализа использованы ряды наблюдений за максимальными в году суточными осадками на 8 метеорологических станциях, равномерно расположенных на рассматриваемой территории, за период 1963-2001гг., а по станции Шеки – за 1891-2001гг. Параметры распределений рядов максимальных в году суточных осадков – среднее значение, стандартное отклонение (S), коэффициенты вариации (C_v) и асимметрии (C_s) и отношение C_s/C_v – приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры распределений максимальных в году суточных осадков

Метеостанция	Период наблюдений	Число лет наблюдений, n	Среднее значение (мм)	Сред.квадр. отклонение, S(мм)	Коэфф. вариации, C_v	Коэфф. асимметрии, C_s	Отношение C_s/C_v
Алибек	1964-2001	36	83.5	33.2	0.40	0.98	2.5
Загатала	1964-2001	38	76.3	29.5	0.39	0.83	2.1
Дамарчик	1963-1990	28	61.0	20.3	0.33	0.071	0.2
Балокен	1964-1990	27	65.6	25.6	0.40	0.66	1.6
Илису	1964-2001	38	61.0	27.9	0.46	1.14	2.5
Баш-Дашагыл	1964-1990	27	60.3	19.4	0.32	0.72	2.2
Шеки	1891-2001	80	59.1	21.5	0.36	1.18	3.3
Сарыбаш	1964-1987	21	57.0	18.5	0.32	0.52	1.6

Для применения обобщенного статистического подхода вначале была оценена возможность объединения рядов наблюдений за максимальными в году суточными осадками в одно распределение. С этой целью выполнен анализ статистической значимости пространственной связанности рядов. Для этого рассчитана матрица парных коэффициентов корреляции между каждыми двумя временными рядами (табл.2).

Из 28 значений коэффициентов парной корреляции статистически значимы только семь. Для оценки пространственной однородности были применены статистические критерии Стьюдента и Фишера. По этим критериям ряды наблюдений максимальных в году суточных осадков из 28 пар оказались неоднородными в 10-ти случаях. Поэтому в целом для бассейна реки Ганых по имеющимся рядам наблюдений за максимальными в году суточными осадками было построено одно распределение общим объемом 295 значений (рис.1). На основании этого распределения интерполяцией определены расчетные значения осадков редкой обеспеченности 0.1, 0.5 и 1%. При построении данного распределения условно принимается гипотеза эргодичности, т.е. много выборок за ограниченный интервал времени можно представить в виде одной совокупности, свойства которой будут аналогичны квази-генеральной совокупности за исторический период в сотни и тысячи лет (Лобанов, Рождественский, 2004).

В качестве стоковой характеристики рассмотрены максимальные расходы воды дождевых паводков в 7 пунктах (таблица 3). В той же таблице приведены: число лет наблюдений (n), период наблюдений (T_n), площадь водосбора (F), средняя высота водосбора ($H_{ср.}$) и переходный коэффициент (b_1) от максимальных суточных расходов к мгновенным максимальным расходам. Из этой таблицы следует, что продолжительность рядов наблюдений за максимальными расходами воды недостаточна для того, чтобы определить расчетные расходы воды 1%-ной обеспеченности и менее. Это вызывает необходимость экстраполяции кривой обеспеченности в верхней части.

Приведение этих рядов наблюдений к многолетнему периоду не представляется возможным, т.к. коэффициенты парной корреляции зависимостей в основном меньше 0.7.

По этим рядам наблюдений определены параметры максимальных срочных расходов воды: среднее значение (Q_{max}), коэффициент вариации (C_v), рассчитанный по эмпирическому ряду, коэффициент асимметрии C_s, отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации (C_s/C_v) и соответствующее отношение, принятое в расчет в случае наилучшей аппроксимации (C_s/C_v), а также расчетные значения максимальных срочных расходов воды (Q_p) обеспеченностью (P%) в 0.1%, 0.5% и 1% (табл. 4). Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых обеспеченности применены кривые трехпараметрического гамма-распределения. Коэффициенты изменчивости и асимметрии определены методом наибольшего правдоподобия (Методические указания…, 2007; Пособие по определению…, 1984; Сикан, 2007).

Таблица 2

Матрица парных коэффициентов корреляции максимальных в году суточных осадков

н/п	Метеостанция	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Алибек	1	0.70	0.04	0.27	0.35	0.29	0.21	0.54
2	Загатала		1	0.22	0.34	0.42	-0.06	0.17	0.41
3	Дамарчик			1	0.31	0.35	0.24	0.17	0.35
4	Балокен				1	0.49	0.20	0.24	0.12
5	Илису					1	0.29	-0.01	0.75
6	Баш-Дашагыл						1	0.42	0.26
7	Шеки							1	-0.15
8	Сарыбаш								1

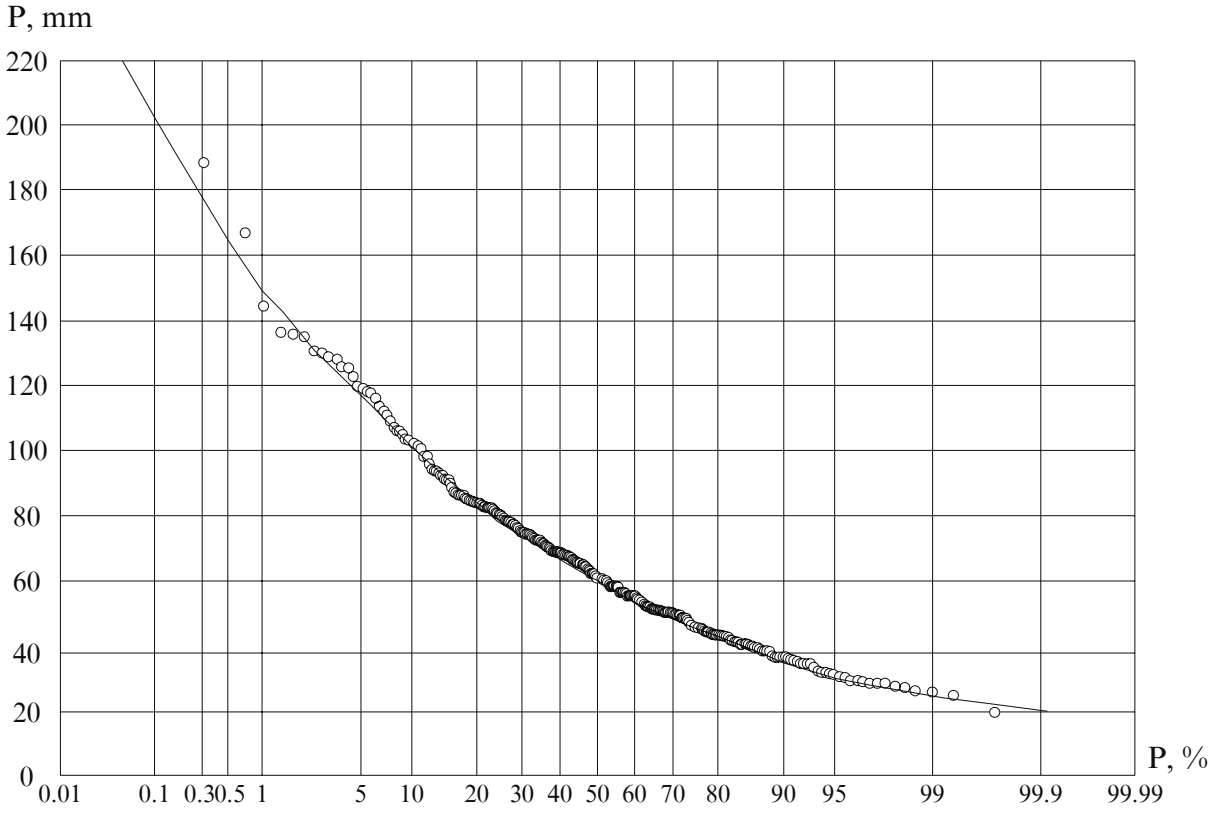


Рис. 1. Кривые обеспеченности максимальных в году суточных осадков по данным 8 метеостанций в бассейне реки Ганых

Таблица 3

Пункты наблюдений за максимальными в году расходами воды

н/п	Река-пункт	Период наблюдений Tn	Число лет наблюдений n	Площадь водосбора F, км^2	Средняя высота водосбора $H_{ср}$, м	Переходный коэффициент b_1
1	Балокенчай-г.Балокен	1961-2006	41	146	1560	1.75
2	Талачай-г.Загатала	1948-2006	54	136	1710	1.30
3	Курмухчай-г.Илису	1952-2006	47	166	2270	1.10
4	Агричай-с.Баш Дашагыл	1950-2006	55	92	1560	1.75
5	Чхотурмас – близ устья	1947-2006	58	35	2210	1.10
6	Дамарчик-близ устья	1947-2006	58	35	2326	1.10
7	Гайнар-близ устья	1948-2006	58	18	2040	1.30

Таблица 4

Расчетные значения параметров максимальных расходов воды

н/п	Река-пункт	Среднее значение $Q_{мах}$	Коэфф. вариации C_v	Коэфф. асимметрии C_s	Отношение C_s/C_v	Принятое отношение C_s/C_{vp}	Расчетные значения $Q_{max\%}$ при Р %		
							0.1	0.5	1
1	Балокенчай-Балокен	30.7	1.70	4.29	2.5	4	550/592	319/485	244/444
2	Талачай-Загатала	37.5	1.61	3.90	2.4	3	469/550	338/451	281/412
3	Курмухчай-Илису	40.5	1.79	4.12	2.3	3	552/672	338/551	265/504
4	Агричай-Баш Дашагыл	18.2	1.05	2.77	2.6	4	179/234	115/192	93,3/176
5	Чхотурмас – близ устья	5.92	1.32	3.54	2.7	4	77/104	48/85	37/78
6	Дамарчик-близ устья	15.3	1.76	3.58	2.0	3	220/242	155/198	131/182
7	Гайнар-близ устья	2.69	1.35	5.36	4.0	4	37,7/54,0	22,9/44,3	17,9/40,5

Примечание: в числителе приведены максимальные расходы воды, определенные по наблюдаемым рядам, в знаменателе – по максимальным суточным осадкам.

Среднесуточные максимальные расходы воды определяются по формуле (Сикан, 2007):

$$Q_{max.ср.сут} = 0{,}01157 \cdot P \cdot F \cdot \alpha, \qquad (1)$$

где 0.01157 – коэффициент размерности; Р – максимальные суточные осадки, (мм); F – площадь водосбора ($км^2$); α – коэффициент стока, показывающий какая часть выпавших осадков перешла в сток, учитывая фильтрацию и испарение; в первом приближении может быть принят равным 1.

Следующим этапом является переход от максимальных среднесуточных расходов к максимальным срочным расходам воды дождевых паводков. Общая формула такого перехода имеет следующий вид (Лобанов, Рождественский, 2004):

$$Q_{мг} = 0{,}01157 \cdot P \cdot F \cdot b_1 \cdot \alpha, \qquad (2)$$

где $Q_{мг}$ − срочный или мгновенный максимальный расход воды дождевого паводка ($м^3/с$); b_1 − коэффициент перехода от среднесуточного максимального расхода воды к мгновенному, принят по (Мамедов, 1989).

Используя обобщенную кривую распределения максимальных в году суточных осадков определены расчетные значения осадков редкой повторяемости (0.1%, 0.3%, 0.5%, 1%) и подставлены в формулу (2). И по этой формуле для каждого водосбора были рассчитаны экстремальные расходы воды. При этом обеспеченность этих расходов принята такая же, как и для осадков.

Пример распределения максимальных расходов с учетом вычисленных экстремумов приведен на рис.2. Из этого графика следует, что вычисленные по осадкам экстремальные расходы достаточно эффективно вписываются в продолжение эмпирического распределения и близки к его аналитической аппроксимации. В таблице 5 приведены отношения расчетных расходов воды, определенных по аналитической кривой эмпирического распределения, к соответствующим расчетным расходам воды, полученным на основе экстремальных осадков($\alpha_{p\%}$) для обеспеченностей 0.1%, 0.5% и 1%. В этой же таблице приведены среднее отношение для этих трех расчетных расходов ($\alpha_{ср}$) и площади водосборов F.

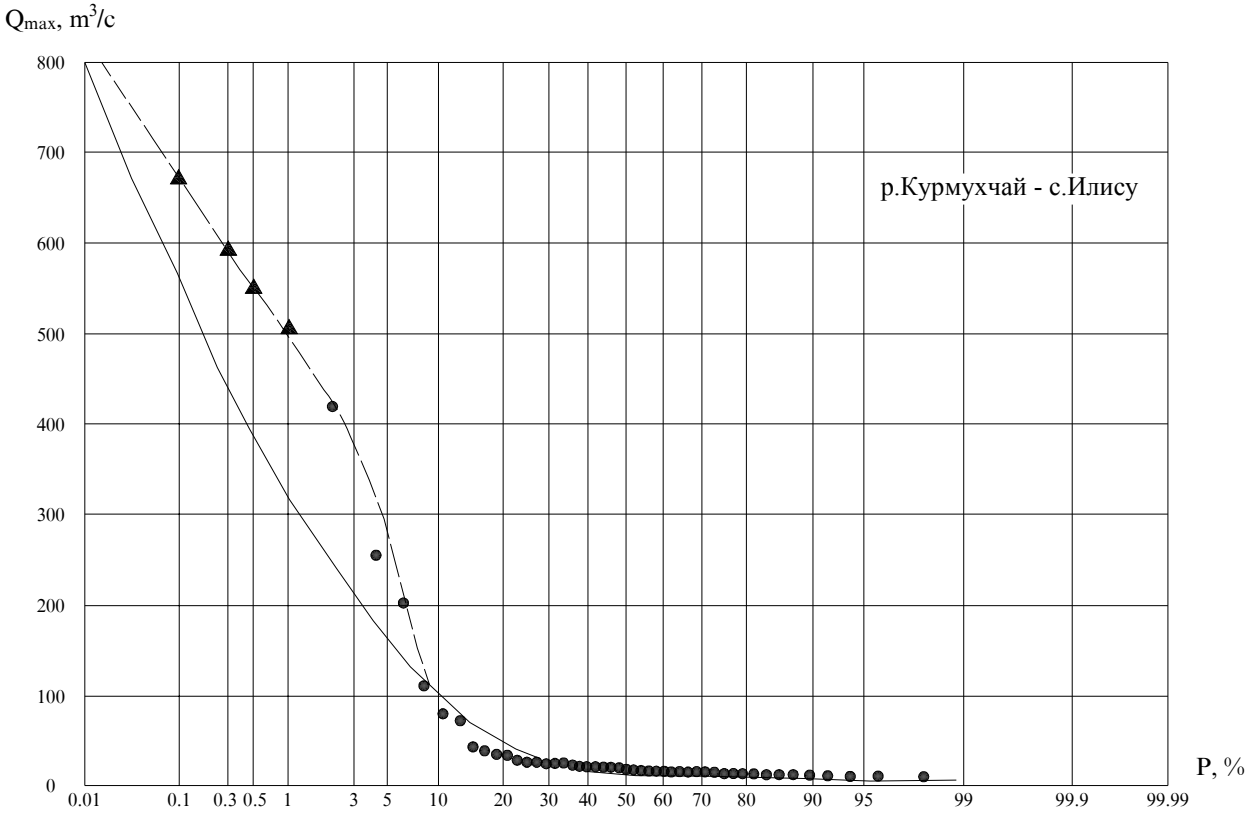


Рис. 2. Эмпирическое распределение максимальных дождевых расходов воды(•), их аналитическая аппроксимация (–) и расходы, рассчитанные по экстремальным осадкам (▲)

Таблица 5

Отношения расчетных расходов воды, полученных по двум подходам

н/п	Река-пункт	Отношения расчетных расходов воды по аналитической кривой к расходам, полученным по экстремальным осадкам			
		$\alpha_{0,1\%}$	$\alpha_{0..5\%}$	$\alpha_{1\%}$	$\alpha_{ср}$
1	Балокенчай-Балокен	0.93	0.66	0.55	0.71
2	Талачай-г.Загатала	0.85	0.75	0.68	0.76
3	Курмухчай-с.Илису	0.82	0.61	0.52	0.65
4	Агричай-с.Баш Дашагыл	0.76	0.60	0.53	0.63
5	Чхотурмас – близ устья	0.74	0.56	0.47	0.59
7	Дамарчик-близ устья	0.91	0.78	0.71	0.80
6	Гайнар-близ устья	0.70	0.52	0.44	0.55

Таким образом, в данной работе на примере рек бассейна р.Ганых, где максимальные в году расходы воды формируются за счет дождевых осадков, выполнен расчет предельно возможных максимальных расходов воды редкой повторяемости на основе объединенного подхода при совместном использовании многолетних данных как гидрологических наблюдений, так и осадков редкой повторяемости. Проверка применимости этой методологии на примере нескольких рядов даже в таком упрощенном варианте (коэффициент стока был принят равным1, не учитывалась неравномерность выпадения осадков во времени и по площади и т.д.) дала достаточно эффективные результаты. Данный подход вполне эффективен в расчетах дождевых максимальных расходов воды, когда определяющим фактором являются осадки, особенно в случае катастрофических паводков.

ЛИТЕРАТУРА

ДОБРОУМОВ, Б.М., ЛЮТИК, П.М. 1980.Принципы расчета паводочного стока для строительного проектирования. Проблемы расчета и прогнозирования паводков. Тезисы докладов. Одесса. 1-5.

ЛОБАНОВ, В.А., РОЖДЕСТВЕНСКИЙ, А.В. 2004. Теоретические основы обобщенного подхода в расчетах максимального стока, основанного на эмпирическом распределении расходов воды и предельном максимуме осадков. *Сборник работ по гидрологии*, 27, Гидрометеоиздат, Санкт-Петербург, 69-81.

МАМЕДОВ, М.А. 1989. Расчеты максимальных расходов воды горных рек. Гидрометеоиздат. Ленинград. 184.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометеорологических наблюдений. 2007. Вектор-ТиС. Нижний Новгород. 134с.

ПОСОБИЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ расчетных гидрологических характеристик. 1984. Гидрометеоиздат. Ленинград. 447.

СИКАН, А.В. 2007. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. РГГМУ. Санкт-Петербург. 278.

СОКОЛОВ, А.А., РАНЦ, С.Е., РОШ, М. (под ред.) 1978. Расчеты паводочного стока. Методы расчетов на основе мирового опыта. Гидрометеоиздат. Ленинград. 304.

http:// planet.utp.ru/miq/abut.html

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана Г.И.Джалалов